Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO

LUZ CIRCADIANA EN ESPACIOS DE OFICINA: VARIABLES DE DISEÑO PARA EL ESTÍMULO CIRCADIANO

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN HÁBITAT SUSTENTABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

AUTOR: CINTHIA GARRIDO VALENCIA

PROFESOR GUÍA: Dra. BEATRIZ PIDERIT MORENO

CONCEPCIÓN, 02 de Agosto de 2018

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Resumen

La luz sincroniza funciones biológicas a través de los fotoreceptores; los conos y bastoncillos regulan la visión de baja luz y el color, respectivamente, generando efectos visuales de la luz que dan origen al diseño de iluminación actual. A su vez las células ganglionares retinales sincronizan el ritmo circadiano, efecto no visual de la luz a cargo de regular la temperatura corporal, el estado de ánimo y la supresión/secreción de melatonina, variables ligadas a la productividad, motivación y bienestar emocional.

Actualmente, la luz natural y el diseño de iluminación son vitales para el bienestar en oficinas, se presentan los resultados de una investigación cuyo objetivo fue integrar los factores de diseño que intervienen en la estimulación del ciclo circadiano evidenciando la importancia de este efecto no visual de la luz, realizando un diagnóstico en espacios de oficina para posteriormente proponer estrategias de estimulación circadiana considerando la totalidad del sistema visual.

Palabras claves: Estímulo circadiano, diseño de iluminación, oficinas.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Abstract

The light synchronizes biological functions through the photoreceptors; the cones and rods regulate the vision of low light and color, respectively, generating visual effects of light that give rise to the current lighting design. In turn, the retinal ganglion cells synchronize the circadian rhythm, the non-visual effect of light in charge of regulating body temperature, mood and the suppression / secretion of melatonin, variables linked to productivity, motivation and emotional well-being.

Currently, natural light and lighting design are vital for the wellbeing in offices, the results of a research whose objective was to integrate the design factors that intervene in the stimulation of the circadian cycle are presented, evidencing the importance of this non-visual effect of light, making a diagnosis in office spaces to later propose strategies of circadian stimulation considering the totality of the visual system.

Keywords: Circadian stimulus, lighting design, offices.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Índice

Capítulo I: Antecedentes **1**

1.1 Introducción 1
1.2 Problema de investigación 1
1.3 Pregunta de investigación 4
1.4 Hipótesis 4
1.5 Objetivo general 5
1.6 Objetivos específicos 5
1.7 Metodología 5

Capítulo II: Marco Teórico **7**

2.1 Ciclo circadiano: Aspectos biológicos 7
2.1.1 Estímulo visual: Fotoreceptores 8
2.1.2 Luz circadiana 10
2.2 Confort visual: Luz natural y artificial 11
2.2.1 Normativa nacional e internacional 11
2.2.2 Factores de la luz natural en el ciclo circadiano 17
2.2.3 Factores de la luz artificial en el ciclo circadiano 22

Capítulo III: Evaluación de la iluminación en espacios de oficina **30**

3.1 Estudio condiciones de iluminación 30
3.1.1 Análisis variables de diseño arquitectónico 31
3.1.2 Análisis variables de fuentes de luz 32
3.1.3 Análisis variables adicionales 34
3.2 Tipología de oficinas 35
3.3 Encuesta administrativos UBB 38
3.4 Estudio cronotipo circadiano 40
3.5 Estudio del impacto en el diseño arquitectónico 42
3.6 Oficina tipo 44
3.6.1 Planimetría 45
3.6.2 Medición de iluminancia 46
3.6.3 Calculadora circadiana 48

Capítulo IV: Evaluación y propuestas de mejoramiento en oficina tipo **51**

4.1 Situación actual 51
4.2 Luz circadiana en el período de trabajo 55
4.3 Estrategias de estimulación circadiana 56
4.3.1 Ambiente lumínico 56
4.3.2 Fuente de luz 56
4.3.3 Factor de mantenimiento 59
4.3.4 Horario de trabajo 60

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

4.4 Propuestas de mejoramiento 61
4.4.1 Propuesta 1 61
4.4.2 Propuesta 2 66
4.4.3 Propuesta 3 70
4.5 Comentarios propuestas de mejoramiento 74

Conclusiones **76**

Referencias bibliográficas **79**

Anexos **81**
Anexo A 82
Anexo B 94

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Índice de imágenes

Capítulo I

Figura 1.1: Mapa conceptual que explica la relación entre la luz y el diseño de iluminación a través del ritmo circadiano. 2

Figura 1.2: Mapa conceptual que explica la problemática que se genera al no tener en consideración un efecto no visual de la luz en el diseño de iluminación, habiendo parámetros de medición. 4

Capítulo II

Figura 2.1: Fotografía obtenida con un microscopio con focal en la que se observan las principales capas y células de la retina. 7

Figura 2.2: Fotografía de fotoreceptor cono de retina, de mono obtenida mediante técnicas de inmunocitoquímica y microscopía con focal en la que se observan sus partes principales. 7

Figura 2.3: Esquema de colores que perciben los fotoreceptores de cono y la forma que poseen. 8

Figura 2.4: Esquema de colores en tonalidad de grises que perciben los fotoreceptores de bastoncillos y la forma que poseen. 9

Figura 2.5: Comparación de las distribuciones de potencia espectral relativa de tres iluminadores de luz diurna CIE con luz fotópica normalizada (Vλ) y luz circadiana (Cλ). 9

Figura 2.6: Según la hora del día, la luz artificial requerida se mezcla con fuentes de luz de color blanco cálido (3000° K) y de color blanco día (6500° K). 10

Figura 2.7: Áreas según requerimientos. 1. Área de la tarea, 2. Alrededores inmediatos y 3. Área de fondo. 14

Figura 2.8: Mapa conceptual: Variables de luz natural que influyen en el estímulo circadiano. 17

Figura 2.9: Oficina tipo simulada por medio de software, de 3 metros de ancho, 6 metros de profundidad y 3 metros de altura, donde varía el porcentaje de superficie vidriada. 18

Figura 2.10: Porcentajes de superficie vidriada que varía en el estudio. 18

Figura 2.11: Potencia espectral de origen (SPD) de luz diurna (5500 a 6000°K). 22

Figura 2.12: Potencia espectral de origen (SPD) de lámpara incandescente (2700°K). 23

Figura 2.13: Potencia espectral de origen (SPD) de lámpara fluorescente (3000°K). 23

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Figura 2.14: Potencia espectral de origen (SPD) de led frío (5000°K). 23

Figura 2.15: Mapa conceptual: Variables de iluminación artificial que influyen en el estímulo circadiano. 24

Figura 2.16: Relación entre plano de trabajo y plano de luminarias en un espacio determinado. 25

Figura 2.17: Fotometría e imagen referencial de luminaria downlight. 27

Figura 2.18: Sistema de referencia colorimétrico CIE, representa los colores de la luz en la luz, en la luminotecnia se utiliza el triángulo de referencia colorimétrico CIE. La definición de un color depende de dos parámetros: el tono y la saturación. El área de color está delimitada por una curva en la que se encuentran los lugares de color de los colores espectrales totalmente saturados. En el interior del área se encuentra el punto de menos saturación, denominado punto banco o acromático. Así pues, todos los niveles de saturación de un color se hallan en la recta entre el punto acromático y el lugar de color correspondiente. Curva Planckiana, indica la temperatura de color entre 1.600K y 10.000K. En los puntos 4.000K y 5.000K tiene lugar la división en las tres zonas blanco cálido (WW), blanco neutro (NW) y blanco luz diurna (DW). 27

Capítulo III

Figura 3.1: Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 30

Figura 3.2: Planta Nivel 2, Edificio de Administración, UBB. 31

Figura 3.3: Escala de temperaturas de color °Kelvin. 34

Figura 3.4: Extracto de Encuesta administrativos UBB, sección “Datos generales”. 38

Figura 3.5: Extracto de Encuesta administrativos UBB, Parte 1: Matutinidad y Vespertinidad, cuestionario abreviado de Horne y Ostberg, 1976. 39

Figura 3.6: Extracto de Encuesta administrativos UBB, Parte 2: Condiciones de iluminación en el puesto de trabajo, apartado IV del “Cuestionario de evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo” de Madrid. 40

Figura 3.7: Tipología de cronotipos circadiano. 41

Figura 3.8: Gráficos porcentuales de Encuesta Administrativos UBB, Parte 2, pregunta número 1 y 4. 42

Figura 3.9: Gráficos porcentuales de Encuesta Administrativos UBB, Parte 2, pregunta número 2 y 3. 42

Figura 3.10: Gráficos porcentuales de Encuesta Administrativos UBB, Parte 2, pregunta número 5. 43

Figura 3.11: Gráficos porcentuales de Encuesta Administrativos UBB, Parte 2, pregunta número 6. 43

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Figura 3.12: Planta de arquitectura, Departamento de Recursos Humanos. 45

Figura 3.13: Plano de iluminación, Departamento de Recursos Humanos. 45

Figura 3.14: Superficie de trabajo con sus respectivos luxes en oficina tipo N°2. 46

Figura 3.15: Esquema tipología de oficina N°2. Luxómetro en el plano de trabajo. 46

Figura 3.16: Imágenes Departamento Recursos Humanos, Oficina Tipo N°2. 46

Figura 3.17: Superficie de trabajo con sus respectivos luxes en oficina tipo N°3. 47

Figura 3.18: Esquema tipología de oficina N°3. Imágen Departamento Recursos Humanos. 47

Figura 3.19: Superficie de trabajo con sus respectivos luxes en oficina tipo N°4. 47

Figura 3.20: Esquema tipología de oficina N°4. Imágen Departamento Recursos Humanos. 47

Capítulo IV

Figura 4.1: Visualización de iluminancia en oficina tipo N°2. CCT: 6200K. 51

Figura 4.2: Visualización de iluminancia en oficina tipo N°3. CCT: 3000K. 52

Figura 4.3: Visualización de iluminancia en oficina tipo N°3. CCT: 6200K. 53

Figura 4.4: Visualización de iluminancia en oficina tipo N°4. CCT: 6200K. 54

Figura 4.5: Render DIALux 4.12 de oficina simulación para factor de mantenimiento. 59

Figura 4.6: Esquema de tipología oficina N°2, aporte de luz indirecta artificial. 62

Figura 4.7 Esquema de tipología oficina N°3, Dos o más aportes de luz indirecta artificial. 64

Figura 4.8: Esquema de tipología oficina N°4, sin luz natural. 65

Figura 4.9: Esquema de tipología oficina N°2, aporte de luz indirecta artificial. 67

Figura 4.10 Esquema de tipología oficina N°3, Dos o más aportes de luz indirecta artificial. 68

Figura 4.11: Esquema de tipología oficina N°4, sin luz natural. 69

Figura 4.12: Esquema de tipología oficina N°2, aporte de luz indirecta artificial. 71

Figura 4.13 Esquema de tipología oficina N°3, Dos o más aportes de luz indirecta artificial. 72

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Figura 4.14: Esquema de tipología oficina N°4, sin luz natural. 73

Anexo A

Figura A1: Planta Nivel 1. Edificio de Administración, UBB. 77

Figura A1.1: Departamento de Cobranzas Alumnos. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 78

Figura A1.2: Dirección de Recursos Humanos (Departamento de Personal). Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 78

Figura A1.3: Dirección de Selección, Administración, Registro y Control Académico. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 79

Figura A1.4: Departamento de Títulos y Grados. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 79

Figura A1.5: Oficina de Partes. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 80

Figura A1.6: Dirección General de Análisis Institucional. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 80

Figura A1.7: Dirección de Investigación. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 81

Figura A1.8: Dirección General de Análisis Institucional. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 81

Figura A1.9: Departamento de Normalización y Certificación. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 82

Figura A1.10: Administración Fondo Solidario de Crédito Universitario. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 82

Figura A1.11: Dirección Informática (Departamento de Servicios Computacionales). Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 83

Figura A1.12: Relaciones Institucionales Oficina Vinculación con el Medio. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 83

Figura A1.13: Financiamiento Estudiantil. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 84

Figura A1.14: Departamento de Servicios Computacionales Soporte Informático. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 84

Figura A1.15: Departamento de Desarrollo de Sistemas. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 85

Figura A2: Planta Nivel 2. Edificio de Administración, UBB. 86

Figura A2.1: Vicerrectoría de Asuntos Económicos. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 87

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Figura A2.2: Dirección de Finanzas y Administración. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 87

Figura A2.3: Dirección de Recursos Humanos (Departamento Personal). Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 88

Figura A2.4: Departamento de Servicios Generales y Patrimonio. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. 88

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Índice de tablas

Capítulo II

Tabla 2.1 Iluminancias mínimas para locales educacionales y asistenciales. Normativa Chilena Elec. 4/2003 12

Tabla 2.2 Iluminancias mínimas promedio, sobre un plano de trabajo a una altura de 80 cm. Decreto Supremo N°594. 13

Tabla 2.3 Iluminancias general y localizada. Decreto Supremo N°594. 13

Tabla 2.4 Luminancia de una tarea con respecto a su complejidad. Decreto Supremo N°594. 13

Tabla 2.5 Relación entre iluminancias áreas circundantes inmediatas con la iluminación área de tarea. Normativa Europea UNE – EN 12464-1. 15

Tabla 2.6 Zonas de tráfico dentro de los edificios. 15

Tabla 2.7 Áreas generales dentro de los edificios - Salas de control. 16

Tabla 2.8 Áreas generales dentro de los edificios - Áreas de almacenamiento con estanterías. 16

Tabla 2.9 Establecimientos sanitarios - Salas de personal. 16

Capítulo III

Tabla 3.1 Coeficientes de reflexión de superficies ambientales y planos de trabajo de las oficinas, según software DIALux 4.12. 32

Tabla 3.2 Factor de mantenimiento según software DIALux 4.12. 35

Tabla 3.3 Iluminancia de cada plano de trabajo en relación a la temperatura de color de cada fuente de luz. 48

Tabla 3.4 Iluminancia de cada plano de trabajo y su respectivo porcentaje de estímulo circadiano (CS). 49

Capítulo IV

Tabla 4.1 Iluminancia de cada plano de trabajo medida por luxómetro y simulada por DIALux 4.12 en relación a la temperatura de color de cada fuente de luz. 51

Tabla 4.2 Iluminancia y homogeneidad de oficina tipo N°2, resultado simulación DIALux 4.12. 51

Tabla 4.3 Iluminancia y deslumbramiento en el plano de trabajo. Oficina tipo N°2, resultados simulación DIALux 4.12. 52

Tabla 4.4 Iluminancia y homogeneidad de oficina tipo N°3, resultado simulación DIALux 4.12. 52

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 4.5 Iluminancia y deslumbramiento en el plano de trabajo. Oficina tipo N°3, resultado simulación DIALux 4.12. 53

Tabla 4.6 Iluminancia y homogeneidad de oficina tipo N°3, resultado simulación DIALux 4.12. 53

Tabla 4.7 Iluminancia y deslumbramiento en el plano de trabajo. Oficina tipo N°3, resultado simulación DIALux 4.12. 53

Tabla 4.8 Iluminancia y homogeneidad de oficina tipo N°4, resultado simulación DIALux 4.12. 54

Tabla 4.9 Iluminancia y deslumbramiento en el plano de trabajo. Oficina tipo N°4, resultado simulación DIALux 4.12. 54

Tabla 4.10 Porcentajes de reflexión recomendados para cada superficie. 56

Tabla 4.11 Tipología ángulos de iluminación. 58

Tabla 4.12 Comparación fuentes de luz actual y propuestas. 58

Tabla 4.13 Comparación de degradación del factor de mantenimiento en oficina simulación. 60

Tabla 4.14 Factores de estimulación circadiana en Situación actual. 61

Tabla 4.15 Factores de estimulación circadiana en Propuesta 1. 62

Tabla 4.16 Propuesta N°1:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°2,resultado simulación DIALux 4.12. 63

Tabla 4.17 Propuesta N°1: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°2, resultados simulación DIALux 4.12 y calculadora circadiana. 63

Tabla 4.18 Propuesta N°1:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°3,resultado simulación DIALux 4.12. 64

Tabla 4.19 Propuesta N°1: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°3, resultados simulación DIALux 4.12 y calculadora circadiana. 64

Tabla 4.20 Propuesta N°1:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°4,resultado simulación DIALux 4.12. 65

Tabla 4.21 Propuesta N°1: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°4, resultados simulación DIALux 4.12 y calculadora circadiana. 65

Tabla 4.22 Factores de estimulación circadiana en Propuesta 2. 66

Tabla 4.23 Propuesta N°2:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°2,resultado simulación DIALux 4.12. 67

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 4.24 Propuesta N°2: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°2, resultados simulación DIALux 4.12 y calculadora circadiana. 67

Tabla 4.25 Propuesta N°2:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°3,resultado simulación DIALux 4.12. 68

Tabla 4.26 Propuesta N°2: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°3, resultados simulación DIALux 4.12 y calculadora circadiana. 68

Tabla 4.27 Propuesta N°2:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°4,resultado simulación DIALux 4.12. 69

Tabla 4.28 Propuesta N°2: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°4, resultados simulación DIALux 4.12 y calculadora circadiana. 69

Tabla 4.29 Factores de estimulación circadiana en Propuesta 3 70

Tabla 4.30 Propuesta N°3:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°2,resultado simulación DIALux 4.12. 71

Tabla 4.31 Propuesta N°3: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°2, resultados simulación DIALux 4.12 y calculadora circadiana. 71

Tabla 4.32 Propuesta N°3:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°3,resultado simulación DIALux 4.12. 72

Tabla 4.33 Propuesta N°3: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°3, resultados simulación DIALux 4.12 y calculadora circadiana. 72

Tabla 4.34 Propuesta N°3:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°4,resultado simulación DIALux 4.12. 73

Tabla 4.35 Propuesta N°3: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°4, resultados simulación DIALux 4.12 y calculadora circadiana. 73

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Capítulo I: Antecedentes

1.1 Introducción.

El ojo humano es un órgano fotoreceptor extremadamente sensible que visto desde una perspectiva física es un lente convergente capaz de recibir impulsos luminosos originarios del exterior y transformarlos en impulsos eléctricos que llevan información al cerebro. Si bien posee una gran capacidad de adaptación necesita unos segundos para poder ajustarse a las intensidades luminosas del entorno, además de su percepción focal, agudiza la visión dependiendo del objeto a enfocar y su gran gama de colores que nos permite apreciar.

La luz es un tipo de radiación electromagnética que está formada por partículas desprovistas de masa denominadas fotones, las cuales son percibidas por el ojo humano, capaz de crear sensaciones visuales. A su vez es un factor fundamental de influencia psico-biológica en las personas, por cuanto el uso de niveles adecuados y variaciones de temperaturas de color y texturas, pueden actuar biológicamente sobre este.

Utilizándola adecuadamente es posible estimular nuestro cuerpo y, sobre todo, sincronizar el tiempo biológico con el tiempo social o laboral; incluso en ambientes que no cuentan con aportaciones de iluminación natural, es decir, respetar nuestro reloj biológico a pesar de estar expuestos por prolongados periodos a un tipo de luz ya sea natural y/o artificial. Exigencias que regularmente se demandan debido a las jornadas laborales, constante donde se pone en juego el rendimiento laboral y el bienestar.

1.2 Problema de investigación.

Existe un mecanismo interno que organiza los procesos biológicos a diario, *"los núcleos supraquiasmáticos (SCN) en el hipotálamo albergan el reloj circadiano maestro que organiza y orquesta el tiempo de todas las funciones biológicas diarias desde sistemas fisiológicos complicados hasta células individuales. Los SCN en humanos tienen, en promedio, un período intrínseco ligeramente superior de 24 horas" [1],* que se modula a través de la exposición de la luz a la retina y se rige por medio del patrón natural de luz oscuridad de 24 horas, que reinicia el reloj biológico cada día.

Es importante destacar que la luz del día es la fuente de luz más óptima disponible, ya que en términos de propiedades de reproducción de color, su distribución de potencia espectral (SPD) contiene todas las longitudes de onda en el espectro visible, además que nuestros ojos se han

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

adaptado a la luz del día en el transcurso de la evolución humana, siendo *"el principal zeitgeber[1] del sistema circadiano, que es el reloj biológico localizado en nuestro cerebro" [2].* El sistema circadiano controla significativos aspectos conductuales y funcionales del ser humano, como el ciclo sueño-vigilia, la frecuencia cardiaca, la temperatura corporal central y la secreción-supresión hormonal (estado de alerta, estado de ánimo, melatonina), razón primordial por la que nuestra comprensión con respecto a la salud debe evolucionar midiendo y analizando estos ciclos en nuestros entornos de vida, que se ven afectados por la iluminación natural, artificial o la combinación de ambas.

"Las características de iluminación que afectan la visión difieren de las que afectan el sistema circadiano. El sistema circadiano, medido por la supresión aguda de la melatonina, es máximamente sensible a la luz de onda corta (azul) con una sensibilidad espectral máxima de alrededor de 460nm, mientras que el sistema visual, según la agudeza visual, es más sensible a la porción de longitud de onda media del espectro visible, alcanzando un máximo de alrededor de 555nm" [3]. Ver figura 1.1

El diseño de los efectos no visuales de la luz, como el arrastre circadiano y el estado de alerta, implica diferentes objetivos de diseño de iluminación y, por lo tanto, métricas que son diferentes de las que utilizan actualmente los diseñadores de iluminación.

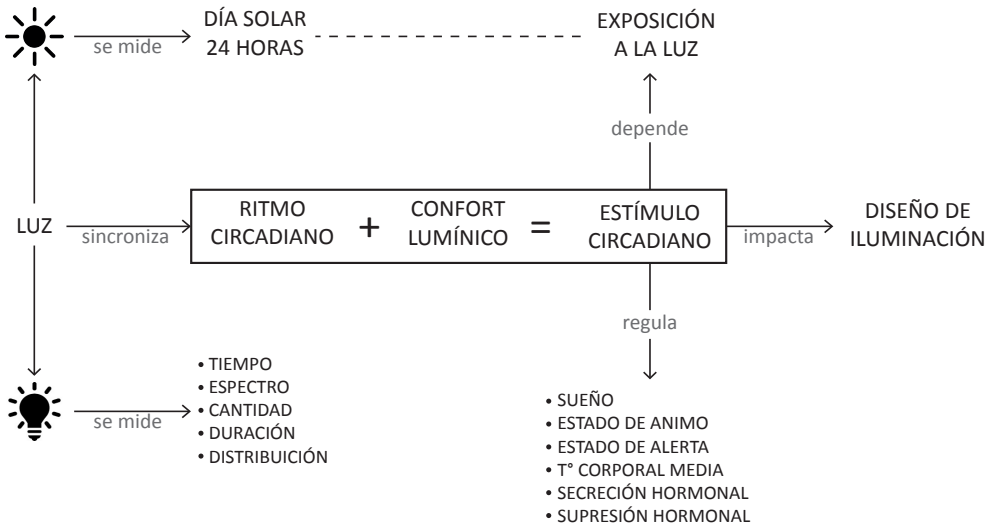


Figura 1.1: Mapa conceptual que explica la relación entre la luz y el diseño de iluminación a través del ritmo circadiano. Fuente: Elaboración propia.

[1] Zeitgeber, del alemán zeit (tiempo) y geber (dador), significa dador de tiempo, también equivalente a sincronizador de los ritmos biológicos.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Las características de iluminación que afectan el sistema circadiano, medido por la supresión de melatonina aguda y el cambio de fase del inicio de la melatonina con luz tenue son diferentes de los que afectan la visibilidad, ya que al diseñar un espacio de trabajo, se determinan coeficientes de lux a un espacio interior y sus consecuencias físico/visuales, que luego se miden en relación a la fotometría, lux/m2, homogeneidad, deslumbramiento, entre otros; dependiendo de la función o actividad que se hace en cada espacio. Lo que omite la relación físico/biológica del espectro de la luz al momento de diseñar, tratando así de incorporar el concepto de estímulo circadiano, integrándolo y haciéndolo comparable a los índices de medición existentes.

El enfoque de investigación tiene como caso de estudio el entorno laboral en edificios de oficinas abarcando conceptos y criterios que reconocen condiciones lumínicas, ambientales y biológicas de un diseño de iluminación, para finalmente reunir la información existente e integrar estás tres condiciones que cargan consigo variables importantes de comprender, proponiendo una contribución en prácticas tanto de diseño arquitectónico como de desarrollo de proyectos lumínicos, enfatizando a su vez aspectos específicos como lo son la latitud y las condiciones climáticas para examinar su impacto.

El factor de luz diurna es la medida más simple y común utilizada para cuantificar la luz del día en un espacio, pero *“ni el factor de luz día, ni la autonomía de la luz, describen completamente el impacto de la luz del día sobre la salud y el bienestar, porque estas medidas cuantifican la luz solo para el sistema visual” [4],* si bien en la actualidad existen métricas para medir el estímulo circadiano, no existe un análisis global de la luz, donde se incluyan ambos sistemas, visual y no visual, siendo aquí donde se genera la importancia de no solo diseñar iluminación horizontal (plano de trabajo), sino que diseñar iluminación vertical (percepción visual), buscando así la mejor relación entre estas dos orientaciones.

Investigar a fondo la influencia de la luz día y/o artificial, a través de la existencia o ausencia de ventanas, teniendo en cuenta el impacto circadiano, los patrones de sueño de los oficinistas, los horarios de trabajo y la reflectancia de los muebles ayuda a desarrollar pautas para evaluar mejor la calidad de la luz en los entornos construidos, de lo contrario un mal desarrollo de estas variables puede dar lugar a disincronía circadiana (DS), lo que conlleva una disminución en la concentración de melatonina, conduciendo a fatiga crónica, reducción de la productividad laboral y aumento del riesgo de accidentes, teniendo altos costos para la salud pública.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Estas nuevas técnicas de medición y análisis pueden proporcionar información importante sobre la relación entre la alteración circadiana y el bienestar, además de ayudar a los diseñadores con el objetivo de proporcionar un nivel efectivo de estímulo circadiano a las áreas regularmente ocupadas sobre una base diaria, para un efecto no visual de la luz. Por lo tanto, necesitan sugerencias/ estrategias que indiquen los periodos del año en los que se obtiene una opción de diseño determinado en condiciones de iluminación suficiente o insuficiente para el estímulo circadiano, además de identificar el potencial proporcionado por una determinada estrategia de iluminación natural para mantener un arrastre circadiano saludable, en la figura 1.2, se muestra el panorama en el que está inscrita esta problemática.

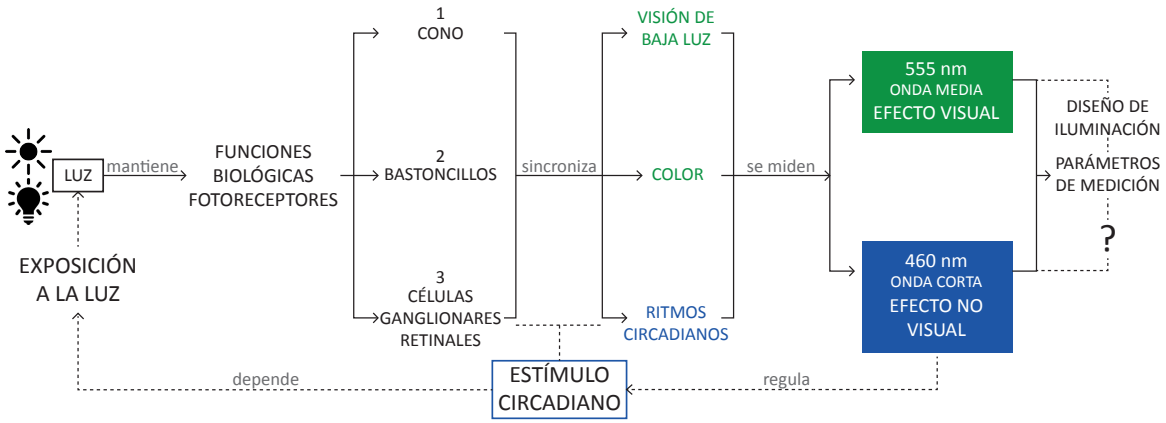


Figura 1.2: Problemática que se genera al no tener en consideración un efecto no visual de la luz en el diseño de iluminación, habiendo parámetros de medición. Fuente: Elaboración propia.

1.3 Pregunta de investigación.

¿De qué manera se integran los factores de diseño que estimulan el ciclo circadiano en espacios de oficina, a través de los sistemas de iluminación y el confort visual de los usuarios para evidenciar la importancia del efecto no visual de la luz?

1.4 Hipótesis.

"El sistema circadiano controla muchos aspectos de la conducta y la fisiología, como también la actividad física, el sueño/vigilia, la temperatura corporal, la presión arterial, la liberación de las hormonas endocrinas y la actividad metabólica"[5]. Las nuevas estrategias integradas al diseño de iluminación natural y/o artificial en espacios de oficinas, permiten construir ambientes que estimulen el ciclo circadiano, a través de tres condiciones que reconocen criterios lumínicos, ambientales y biológicos, generando así una relación positiva entre luz, espacio y salud, para un efecto no visual de la luz, a favor de las personas.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Una selección correcta de factores como el ambiente lumínico, la fuente de luz, el factor de mantenimiento y el horario de trabajo, son la base para lograr una estimulación circadiana eficiente en un entorno de oficina, beneficiando a los ocupantes en términos de comodidad visual y reducción de la somnolencia diurna. Lo que conlleva a un aumento en la productividad y la prevención de los efectos en la salud asociados a condiciones inapropiadas, como la tensión ocular o los efectos hacia la emoción y la disincronía circadiana.

1.5 Objetivo general.

Integrar los factores de diseño que estimulan el ciclo circadiano en espacios de oficina, a través de los sistemas de iluminación y el confort visual de los usuarios para evidenciar la importancia del efecto no visual de la luz.

1.6 Objetivos específicos.

1.6.1 Identificar los factores biológicos, ambientales y lumínicos que influyen en la luz circadiana para comprender como las estrategias de diseño arquitectónico estimulan el ciclo circadiano en iluminación natural y artificial.

1.6.2 Analizar la luz circadiana en espacios de oficina evaluando el efecto sobre el estímulo circadiano en los ocupantes.

1.6.3 Formular un lineamiento de diseño donde se incorpora el estímulo circadiano como una estrategia relevante al diseño de iluminación actual logrando un proyecto eficiente que incorpore el sistema visual en su totalidad.

1.7 Metodología.

Actividad 1: *(Objetivo 1: Identificar los factores biológicos, ambientales y lumínicos que influyen en la luz circadiana para comprender como las estrategias de diseño arquitectónico estimulan el ciclo circadiano de iluminación natural y artificial.)*

1. Analizar los tipos de fotoreceptores que existen en la retina para entender el proceso biológico del estímulo circadiano.

2. Revisar normativa nacional e internacional para considerar el rango de confort visual que deben tener los oficinistas.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

3. Plantear variables de diseño arquitectónico, ambientales y adicionales considerando luz natural y artificial, para dar a conocer las estrategias que influyen en el estímulo circadiano.

4. Proponer lineamientos de luz natural con respecto al estímulo circadiano para entender como otros abarcan este efecto no visual de la luz.

Actividad 2: *(Objetivo 2: Analizar la luz circadiana en espacios de oficina evaluando el efecto sobre el estímulo circadiano en los ocupantes.)*

1. Levantamiento planimétrico del edificio de administración campus Concepción UBB (caso de estudio) y registro fotográfico de cada departamento.

2. Caracterización de las tipologías de oficina con respecto a las estrategias de iluminación natural y artificial que poseen en el campus Concepción, UBB.

3. Encuestar a los ocupantes en las oficinas definidas del campus Concepción UBB, para saber su cronotipo circadiano y las condiciones de iluminación en sus puestos de trabajo.

4. Medir la iluminancia con equipos especializados y observar la temperatura de color para determinar las condiciones de cada tipología de oficina a estudiar.

Actividad 3: *(Objetivo 3: Formular un lineamiento de diseño donde se incorpora el estímulo circadiano como una estrategia relevante al diseño de iluminación actual para lograr un proyecto eficiente que incorpore el sistema visual en su totalidad.)*

1. Análisis de datos para determinar en qué condiciones espaciales/ambientales se encuentran los oficinistas y ver si hay carencia de estímulo circadiano.

2. Evaluar la luz circadiana en el periodo de trabajo para destacar la etapa más productiva durante el día.

3. Proponer mejoras de cada tipología de oficinas por medio del software DIALux 4.12 en conjunto con el uso de la calculadora circadiana para estimular de manera eficiente el ciclo circadiano.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Ciclo circadiano: Aspectos biológicos.

El ojo humano es un órgano de percepción considerablemente sensible, capaz de registrar tanto el claro y oscuro, como también una amplia gama de colores. A su vez la retina es una lámina translúcida de tejido nervioso que recubre la parte posterior del globo ocular y procesa la información visual. Está formada por tres capas de neuronas: la capa nuclear externa, la capa nuclear interna y las capas de células ganglionares; separadas de dos capas de conexiones sinápticas: la plexiforme externa y la plexiforme interna. Ver Figura 2.1.

La señal luminosa captada por los fotoreceptores se transmite en forma de impulsos nerviosos verticalmente a las células bipolares. Esta señal es modulada por las células horizontales en la capa plexiforme externa. En la capa plexiforme interna la información que proviene de las células bipolares es procesada conjuntamente con las células amacrinas y ganglionares. Los axones de estas últimas constituyen el nervio óptico, a través del cual se envía la información visual al cerebro.

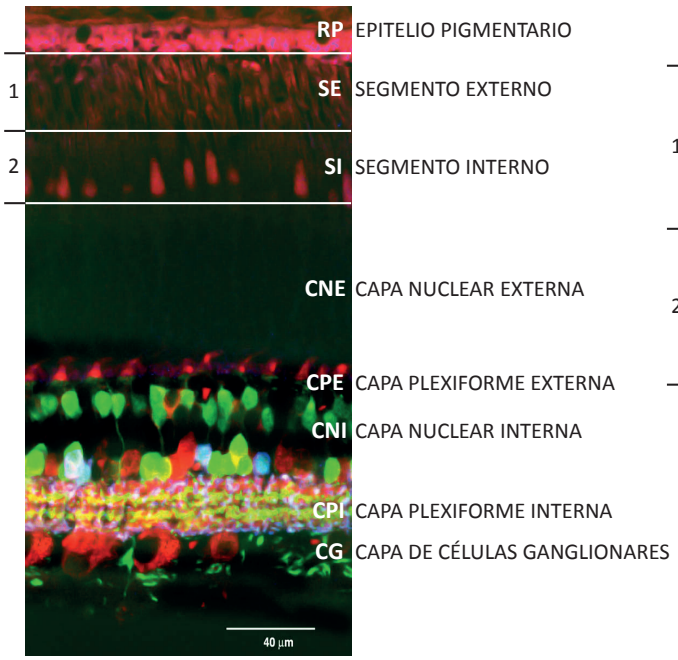


Figura 2.1: Fotografía obtenida con un microscopio con focal en la que se observan las principales capas y células de la retina. Fuente: Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular, SEBBM.

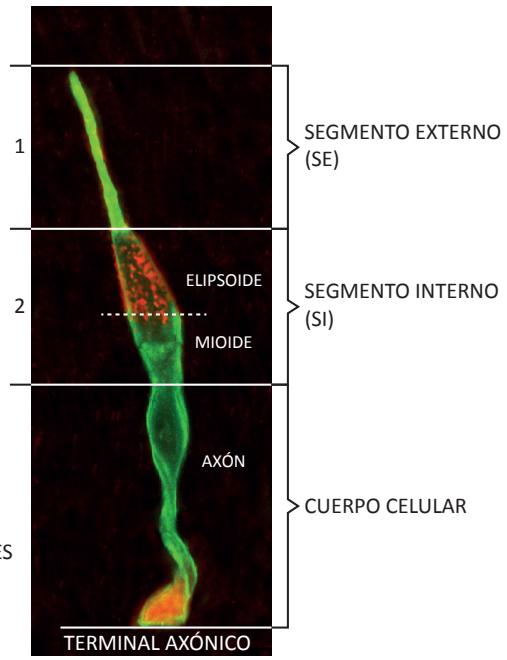


Figura 2.2: Fotografía de fotoreceptor cono de retina, de mono obtenida mediante técnicas de inmunocitoquímica y microscopía con focal en la que se observan sus partes principales. Fuente: Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular, SEBBM.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

La fototransducción es la conversión de la luz recibida por el cerebro a través de señales nerviosas; este proceso se realiza en unas células muy especializadas denominadas fotoreceptores, que contienen varias zonas en donde se realizan funciones específicas: un segmento externo, un segmento interno, un cuerpo celular y un terminal sináptico (Figura 2.2). Del mismo modo son las células de nuestro organismo que más cantidad de oxígeno consumen y más energía generan. La complejidad de los fotoreceptores, radica en que su alto consumo predispone a estas células a padecer patologías, provocadas por causas ambientales o por mutaciones genéticas, que desembocan en disfunciones visuales o en ceguera.

2.1.1 Estímulo visual: Fotoreceptores.

El sistema receptor está formado por tres fotoreceptores:

Cono: Efecto visual de la luz. Visión de color en la gama espectral de 380nm hasta 780nm y gran agudeza visual. Cada vez que el sistema de conos posee una menor fotosensibilidad se requiere una cierta luminancia para que los conos reaccionen. *"En consecuencia, la visión diurna o con iluminación artificial, tiene lugar por medio de los conos. Debido a la distribución irregular de los conos en la retina, el centro focal de la percepción se sitúa en la fóvea (centro). En caso de que aparezcan luminancias elevadas en la zona marginal, la vista se dirige espontáneamente hacia ese punto, a fin de poder percibir con mayor precisión. Así pues, mediante la luz es posible dirigir la mirada y la atención del ser humano."[6]* Figura 2.3

Figura 2.3: Colores que perciben los fotoreceptores de cono y la forma que poseen.
Fuente: Un discurso de la luz, ERCO.

Bastoncillos: Efecto visual de la luz. *"Altamente fotosensibles, posibilitan en el ojo la visión de claro-oscuro con una iluminación ambiental escasa. Esto permite al ser humano identificar objetos ya por debajo de aproximadamente 1 lux. En estas condiciones la agudeza visual es reducida."[7]* Ver figura 2.4.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

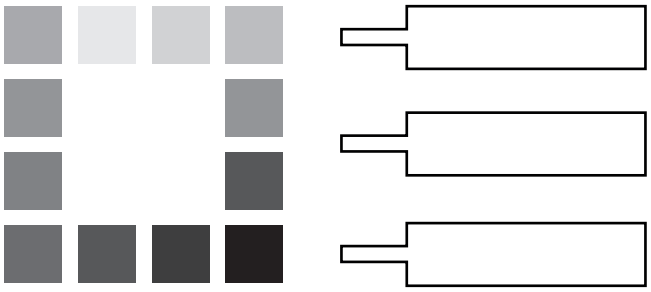


Figura 2.4: Tonalidades de grises que perciben los fotoreceptores de bastoncillos y la forma que poseen. Fuente: Un discurso de la luz, ERCO.

Células ganglionares retínales (RGC): Efecto no visual de la luz. No tienen función visual (de formación de imágenes), sino que juegan un papel crítico en la sincronización de ritmos circadianos humanos por medio del ciclo de luz-oscuridad de 24 horas.

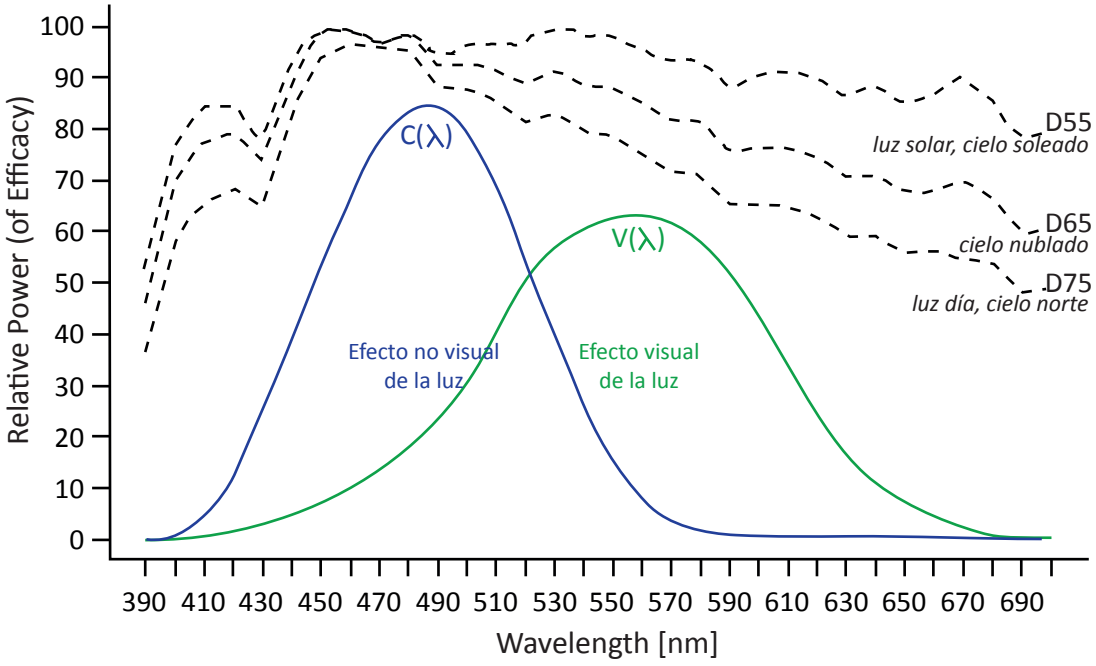


Figura 2.5: Comparación de las distribuciones de potencia espectral relativa de tres iluminadores de luz diurna CIE con luz fotópica normalizada (Vλ) y luz circadiana (Cλ). Fuente: Elaboración propia.

"Notablemente, el espectro de acción de la luz para el sistema circadiano, se desplaza hacia la luz "azul" de longitud de onda más corta (~460nm) en relación con el sistema visual, que es máximamente sensible a la luz "verde" (~555nm). Como resultado, los humanos no estamos bien equipados para auto reportar la presencia o intensidad de la luz circadiana efectiva basada en la percepción visual." [8] Siendo la contracción y la dilatación de la pupila, mecanismos reguladores de la incidencia de la luz. Con esto, los estímulos sensoriales son procesados en el cerebro como percepción de luz y color.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

2.1.2 Luz circadiana.

El ciclo circadiano, es un período de sueño/vigilia; donde la actividad motora y la liberación de la hormona melatonina -junto con la temperatura corporal- presentan patrones rítmicos circadianos. Estos son ajustados diariamente por las personas, que al utilizarlos de manera eficiente, pueden mejorar el bienestar, la motivación y productividad. Es por esto, que la luz tiene un importante efecto entre los seres humanos, no solo por permitirnos ver, sino por la estimulación que nos provoca al influir en nuestros estados de ánimo y los niveles de actividad. *"En 2001, algunos científicos han podido demostrar un fotorreceptor en el ojo sensible a las longitudes de onda de entre 460 y 490 nm. No sirve para la visión, pero estimula nuestro reloj interno. Desde entonces, la ciencia y la industria se ocupan de la investigación y el entendimiento del efecto no visual de la luz sobre las personas."[9]*

"El reloj interno de las personas ha sido marcado por la luz natural que regula el transcurso del día de todos los seres vivos. La luz diurna aumenta el nivel de actividad humana, en la oscuridad se reduce, y luego el cuerpo pasa a una fase de sueño relajado. Una iluminación biológicamente eficiente simula este proceso. De forma individual programada o preajustada, estos sistemas modernos de iluminación LED se ocupan de esta tarea. Con diferentes componentes espectrales dinámicos, así como intensidades de luz se imita el transcurso del día y se estimulan las reacciones corporales."[10]

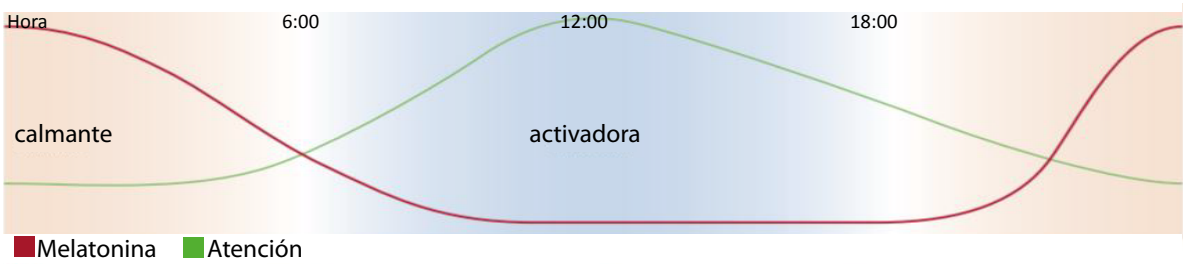


Figura 2.6: Según la hora del día, la luz artificial requerida se mezcla con fuentes de luz de color blanco cálido (3000° K) y de color blanco día (6500° K). Fuente: Trilux LED guide 2014.

Debido a que nuestra respuesta fisiológica a la luz, depende de sus características; la luz artificial toma un rol importante en nuestra cotidianeidad, por la gran cantidad de tiempo que pasamos en espacios interiores. Las soluciones de una eficiente luz circadiana pueden soportar el ritmo circadiano humano, mejorando la concentración, previniendo los trastornos del sueño y optimizando nuestro bienestar general, distinguiendo cuatro posibilidades de uso principalmente.

1.- "Una iluminación con efecto melanópico para conservar la salud: La luz apoya el ritmo de día y noche. Fomenta y conserva la salud y el rendimiento, cambiando de forma automática su color de luz y su intensidad con un ritmo de 24 horas, igual que la luz diurna.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

2.- Una iluminación de efecto melanópico para la activación: La luz tiene influencia sobre la atención y la concentración, y aumenta el rendimiento cognitivo. En caso de necesidad, este efecto puede conseguirse a través de un cambio individual hacia unos colores de luz más fríos.

3.- Una iluminación de efecto melanópico que sirve para la recuperación: La luz aumenta el bienestar, cambiando – según las necesidades individuales – el color de luz hacia unos tonos de color más cálidos.

4.- Una luz emocional: La luz pone en escena, acentúa y, de esta forma, crea atmósfera, entusiasmo y bienestar."[11]

2.2 Confort visual: Luz natural y artificial.

En el presente ítem se presentará la NCH Elec. 4/2003, Normativa Chilena de Electricidad para Instalaciones de Consumo en Baja Tensión, dictada por la Superintendencia de electricidad y combustibles (S.E.C.); el Decreto Supremo D.S. 594 sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, con la normativa que rige en la Unión Europea UNE-EN 12464-1 para iluminación de los lugares de trabajo.

Hay que considerar que la normativa chilena se refiere a instalaciones eléctricas y por extensión se refiere en menor medida a condiciones de iluminación; como complemento a esto se establece el Decreto Supremo n° 594 para *"actualizar las disposiciones vigentes destinadas a velar porque en los lugares de trabajo existan condiciones sanitarias y ambientales que resguarden la salud y el bienestar de las personas que allí se desempeñan, incorporando los adelantos técnicos y científicos ocurridos." [12]*

2.2.1 Normativa nacional e internacional.

Normativa Chilena de Electricidad NCh ELEC 4/2003.

La normativa chilena Elec. 4/2003 en el ítem número 11 sobre instalaciones de alumbrado, establece especificaciones para Alumbrado de Vivienda y Alumbrado en locales comerciales e industriales y Alumbrado en recintos asistenciales y educacionales; en estos se especifican condiciones de potencia y seguridad para circuitos eléctricos, mientras que para iluminación se especifica la tabla N° 2.1 con valores adoptados, considerando las tareas visuales más frecuentes y representativas.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Para tareas no consideradas y que puedan asimilarse a las indicadas en esa tabla, se adoptaran valores correspondientes a la tarea más semejante. En caso de tareas visuales que requieran de gran concentración visual, discriminación de detalles finos, selección de colores, etc., deberen adoptarse niveles de iluminación superiores, justificando la solución dada en estos casos mediante un cálculo de iluminación.

Tabla 2.1 Iluminancias mínimas para locales educacionales y asistenciales. Fuente: Normativa Chilena Eléctrica 4/2003.

Tipo de recinto	Iluminancia (lux)
Atención adminsitrativa	300
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	400
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía menor	500
Salas de cirugía mayor, quierófanos (*)	500
Salas de clases, educación básica	200
Salas de clases, educación media	250
Salas de clases, educación superior	300

Como ítem extra, se establecen condiciones del alumbrado de emergencia, tanto para iluminación como exigencias fotométricas, la finalidad de este tipo de iluminación es proporcionar vías seguras de escape, sin posibilidad de confusiones, a las personas que en condiciones de emergencia se vean obligadas a abandonar los recintos en que se encuentren. Se exigen requerimientos mínimos de iluminancia, uniformidad y autonomía, así como intensidades luminosas mínimas y máximas para los diferentes espacios.

Decreto Supremo N° 594.

Como complemento a la Normativa Chilena de Electricidad se establece un “Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo”. Este Reglamento en el párrafo III “De los Agentes Físicos” en el ítem n°6 “de la iluminación” establece que *“todo lugar de trabajo, con excepción de faenas mineras subterráneas o similares, deberá estar iluminado con luz natural o artificial que dependerá de la faena o actividad que en él se realice”. [13]* Junto con esto, se definen valores mínimos de la iluminación promedio, sobre un plano de trabajo preestablecido a una altura de 80 cm:

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 2.2 Iluminancias mínimas promedio, sobre un plano de trabajo a una altura de 80 cm. Fuente: Decreto Supremo N°594.

Lugar o faena	Iluminación expresada en lux (lx)
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina o faena, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste.	150
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles finos, moldes en fundiciones y trabajos similares.	300
Trabajo con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y trabajos similares.	500
Laboratorios, salas de consulta y procedimientos de diagnóstico y salas de esterilización.	500 a 700
Costura y trabajo de aguja, revisión prolija de artículos, corte y trazado.	1000
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste, relojería, operaciones textiles sobre género oscuro y trabajos similares.	1500 a 2000

En el artículo 104 del mismo decreto se definen valores entre iluminación general e iluminación localizada:

Tabla 2.3 Iluminancias general y localizada. Fuente: Decreto Supremo N°594.

Iluminación general (lx)	Iluminación localizada (lx)
150	250
250	500
300	1000
500	2000
600	5000
700	10000

Y en el artículo 105 se define la luminancia (brillo) que deberá tener un trabajo o tarea, según su complejidad.

Tabla 2.4 Luminancia de una tarea con respecto a su complejidad. Fuente: Decreto Supremo N°594.

Tarea	Luminancia en cd/m²
Demasiado difícil	Más de 122,6
Muy difícil	35,0 - 122,6
Difícil	12,3 - 35,0
Ordinaria	5,3 - 12,3
Fácil	menor de 5,3

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Normativa Europea UNE – EN 12464-1.

La normativa europea de iluminación establece requisitos de iluminación determinadas para la satisfacción de tres necesidades humanas básicas:

- *"Confort visual, donde los trabajadores tienen una sensación de bienestar; de un modo indirecto también contribuye a un mayor nivel de productividad y una mayor calidad de trabajo.*
- *Rendimiento Visual, donde los trabajadores son capaces de realizar sus tareas visuales incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos;*
- *Seguridad" [14]*

Se definen parámetros fundamentales que determinan el ambiente luminoso en relación a la luz artificial y luz diurna:

- Distribución de luminancias;
- Iluminancia;
- Direccionalidad de la luz, iluminación en el espacio interior;
- Variabilidad de la luz (niveles y color de la luz);
- Reproducción cromática y apariencia de color de la luz;
- Deslumbramiento;
- Parpadeo.

Así también, para establecer parámetros de iluminación en espacios interiores se definen 3 áreas con diferentes requerimientos: 1. Área de la tarea; 2. Alrededores inmediatos (banda con una anchura de al menos 0,5m alrededor del área de la tarea dentro del campo visual; 3. Área de fondo (al menos 3m de anchura contigua al área circundante inmediata dentro de los límites del espacio).

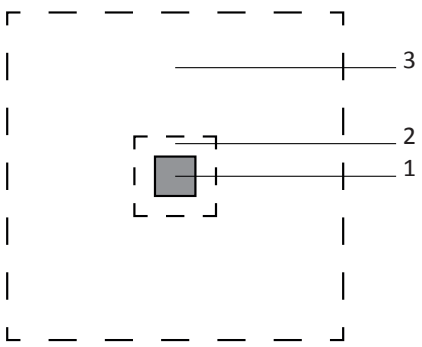


Figura 2.7: Áreas según requerimientos. 1. Área de la tarea, 2. Alrededores inmediatos y 3. Área de fondo. Fuente: Norma Europea UNE – EN 12464-1.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

La iluminancia de las áreas circundantes inmediatas puede ser inferior a la iluminancia de la tarea, pero no debe ser menor que los valores dados en tabla 2.5.

Tabla 2.5 Relación entre iluminancias áreas circundantes inmediatas con la iluminación área de tarea. Fuente: Norma Europea UNE – EN 12464-1.

Iluminancia del área de tarea E_{tarea} lx	Iluminancias de áreas circundantes inmediatas lx
≥750	500
500	300
300	200
200	150
150	E_{tarea}
100	E_{tarea}
≤50	E_{tarea}

El área de fondo, definida como una franja de al menos 3 metros de anchura contigua al área circundante inmediata debe iluminarse con al menos 1/3 de la iluminancia del área circundante inmediata. Para el área de la tarea, se dividen dependiendo de la tarea visual específica para cada espacio, definiendo la luminancia media, UGR, Uniformidad (U) y reproducción cromática:

Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades.

Tabla 2.6 Zonas de tráfico dentro de los edificios. Fuente: Norma Europea UNE – EN 12464-1.

N° Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	E_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -	Requisitos específicos
5.1.1	Áreas de circulación y pasillos.	100	28	0,40	40	● Iluminancia a nivel del suelo. ● R_a y UGR similares a áreas adyacentes. ● 150lx si hay vehículos en el recorrido. ● El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre el interior y el exterior de día o de noche.
5.1.2	Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras.	100	25	0,40	40	● Requiere contraste mejorado sobre los escalones.
5.1.3	Ascensores, montacargas.	100	25	0,40	40	● El nivel de iluminación enfrente del montacargas debería ser al menos E_m=200lx
5.1.4	Rampas / tramos de carga.	150	25	0,40	40	

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 2.7 Áreas generales dentro de los edificios - Salas de control.
Fuente: Norma Europea UNE – EN 12464-1.

N° Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	E_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -	Requisitos específicos
5.3.1	Salas de materiales, salas de máquinas.	200	25	0,40	60	
5.3.2	Salas de fax, correos, cuadro decontadores.	500	19	0,60	80	

Tabla 2.8 Áreas generales dentro de los edificios - Áreas de almacenamiento con estanterías.
Fuente: Norma Europea UNE – EN 12464-1.

N° Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	E_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -	Requisitos específicos
5.5.1	Pasillos sin guarnecer.	20	-	0,40	40	Iluminancia a nivel del suelo.
5.5.2	Pasillos guarnecidos.	150	22	0,40	60	Iluminancia a nivel del suelo.
5.5.3	Estaciones de control.	150	22	0,60	80	
5.5.4	Cara de la estantería de almacenamiento.	200	-	0,40	60	Iluminancia vertical, puede utilizarse iluminancia móvil.

Tabla 2.9 Establecimientos sanitarios - Salas de personal. Fuente: Norma Europea UNE – EN 12464-1.

N° Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	E_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -	Requisitos específicos
5.38.1	Oficinas de personal.	500	19	0,60	80	
5.38.2	Salas de personal.	300	19	0,60	80	

Dentro de la normativa UNE se definen requerimientos y sugerencias para controlar diferentes tipos de efectos vinculados a la iluminación que pueden ser nocivos dependiendo de la tarea visual; entre estos se pueden nombrar:

● Apantallamiento contra el deslumbramiento; definiendo ángulos mínimos en el campo de visión para evitar molestias por fuentes luminosas brillantes.

● Reflexiones de velo y deslumbramiento reflejado; evitando la alteración de la tarea visual por reflexiones muy brillantes.

● Requisitos de iluminancia cilíndrica media; iluminancia del plano vertical medio donde 1,2 m es para personas sentadas y 1,6 m es para personas paradas, dependiendo si la comunicación visual de la tarea es importante.

● Iluminación de los puestos de trabajo con Equipos con Pantalla de Visualización (EPV); referida a puestos de trabajo donde se utilizan pantallas de lectura, lecturas de texto impreso, escritura en papel, trabajo con teclados; limitando reflexiones y deslumbramientos perturbadores o molestos.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

2.2.2 Factores de la luz natural en el ciclo circadiano.

La luz del día es potencialmente la fuente de luz ideal para sincronizar nuestros sistemas circadianos con la hora local, proporcionando la cantidad correcta para el arrastre circadiano, ya que la luz de la mañana reiniciará el reloj biológico diariamente y promoverá el arrastre al patrón natural de luz-oscuridad de 24 horas, *"siendo el estímulo circadiano una medida que puede ayudar a predecir los beneficios de la iluminación natural en la salud humana."[15]*

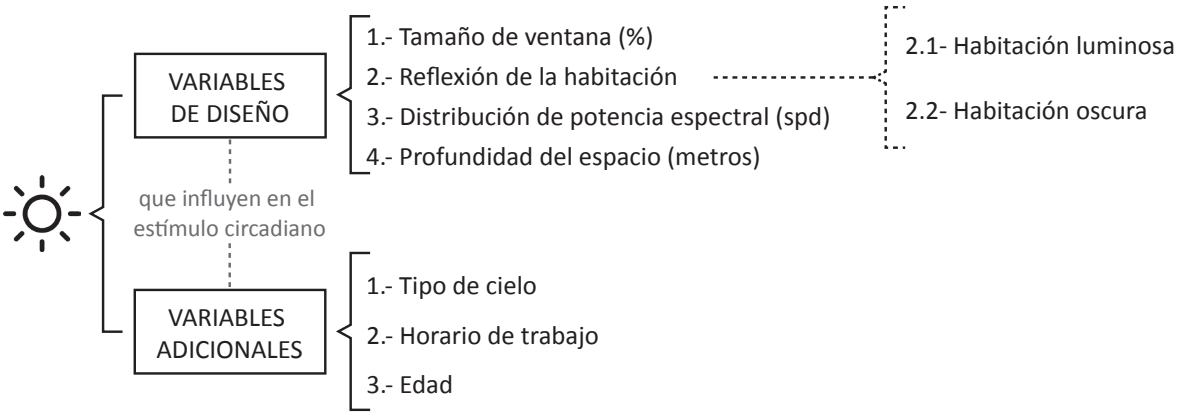


Figura 2.8: Mapa conceptual: Variables de luz natural que influyen en el estímulo circadiano. Fuente: Elaboración propia.

Las características arquitectónicas y de diseño, como el tamaño de ventana, las reflexiones de la sala, la potencia espectral de origen (SPD), afectan la cantidad de luz circadiana que recibirá el individuo; proceso que en este caso, se simula a través del software especializado en iluminación natural DaySim 3.2 el cual ayuda a determinar el porcentaje de días que los ocupantes reciben una estimulación circadiana de 0,50 (50%) durante al menos una hora en la mañana.

A continuación, se describen las variables de diseño que influyen en el ciclo circadiano, estas fueron recogidas a partir de la revisión de un estudio de Acosta et al.[16] Donde un valor adecuado de estímulo circadiano se encuentra entre 50% y 100%, es importante destacar que el porcentaje de luz circadiana se denota netamente con respecto al tipo de cielo, evidenciando la ausencia de la cantidad de días del año en que este estímulo circadiano existe.

Se utiliza una oficina tipo, donde la variable que más se modifica es el porcentaje de ventana, desde el 10% hasta llegar al 80%, la reflexión de las superficies, opaca o brillante, el potencial espectral de la fuente de luz y la profundidad del espacio oficina.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

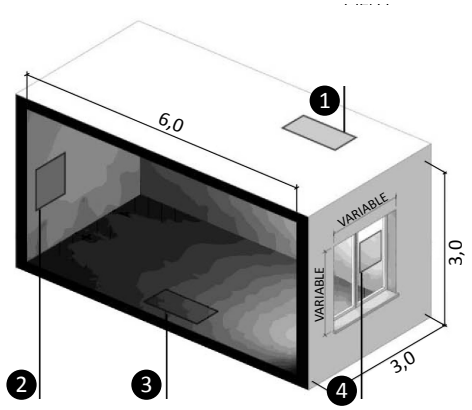


Figura 2.9: Oficina tipo simulada por medio de software, de 3 metros de ancho, 6 metros de profundidad y 3 metros de altura, donde varía el porcentaje de superficie vidriada. Fuente: Acosta et al.[16]

Variables de diseño arquitectónico.

De la revisión de este artículo se pueden concluir los siguientes lineamientos para cada variable:

1.- Tamaño de ventana: La dimensión de la abertura varía en porcentaje con respecto al tamaño de la fachada, siendo el 10% la superficie más pequeña de ventana y el 80% la superficie más grande a considerar.

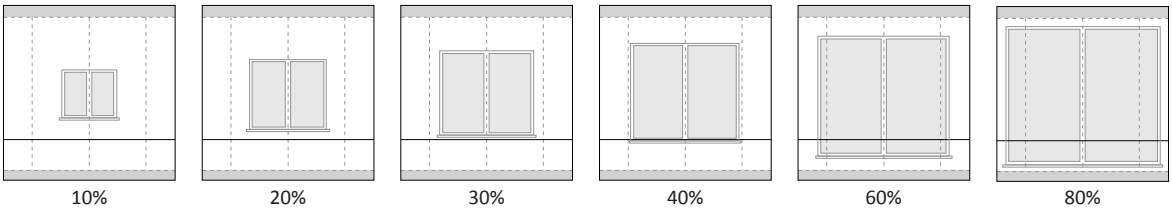


Figura 2.10: Porcentajes de superficie vidriada que varía en el estudio. Fuente: Acosta et al.[16]

Para cielos predominantes nublados, con 50° de latitud norte, habitación luminosa:

● 10% de ventana en la fachada llega a un 50% de estimulación circadiana, pero solo a 60 centímetros de profundidad desde la ventana, lo que es insuficiente pues en un porcentaje de vano tan pequeño la luz no alcanza a cubrir una mayor longitud en el espacio.

● 20% de ventana con respecto a la fachada; los estímulos circadianos alcanzan un valor cercano al 60% en el área próxima a la ventana, con una profundidad de campo de 1,5 metros, lo que nos sugiere es que al diseñar una oficina con estas características solo podemos tener una buena estimulación en dicha longitud de lo contrario es aconsejable aumentar el porcentaje de abertura.

● 60% de proporción ventana-fachada se alcanza un valor adecuado de estímulo circadiano en todo el plano de trabajo, llegando a tener una longitud eficiente en el espacio de 3,5 a 4,6 metros.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

● 80% de relación ventana-fachada se alcanza un valor eficiente de estímulo circadiano (entre 50% y 65%) en todo el largo de la habitación, alcanzando los 6 metros de longitud eficiente.

Para cielos predominantes nublados, con 50° de latitud norte, habitación oscura:

● 30% y 40% de proporción ventana-fachada, actúan de una forma muy similar, llegando al 50% de estimulación en una longitud de 1,8 metros en ambos casos.

● 60% de ventana con respecto a la fachada se alcanza un valor de estímulo circadiano mayor al 50% solo en la zona cercana al vano, logrando una longitud eficiente solo con 2,3 metros.

● 80% de relación ventana-fachada llega a superar el 50% de estimulación circadiana, pero solo en una profundidad de campo de 2,7 metros. Si bien un 80% de ventana logra una mayor longitud eficiente, no supera en gran medida al 60% de ventana, pues la diferencia es de 0,4 metros.

Para cielos principalmente intermedios, con 40° de latitud norte, habitación luminosa:

● ≤40% de ventana en la fachada, se logra un valor apropiado de estímulo circadiano fácilmente en todo el plano de trabajo, obteniendo longitudes eficientes desde los 4,8 metros hasta los 6 metros, profundidad máxima de la habitación.

Para cielos principalmente intermedios, con 40° de latitud norte, habitación oscura:

● 30 a 40% de ventana en la fachada llega a un 50% de estimulación circadiana, logrando una profundidad de espacio de 3 metros.

● ≤60% proporción de ventana-fachada, logra llegar a una profundidad de espacio de 4,5 a 5,1 metros, donde el estímulo circadiano alcanza un 50% en el límite de estás longitudes.

Para cielos principalmente despejados, con 30° de latitud norte:

● 20% de relación ventana fachada, promueve un estímulo circadiano de 50% únicamente en la zona cercana a la fachada.

● ≤40% de ventana a fachada, logra obtener un valor de estímulo circadiano eficiente en toda la sala, considerando una alta reflectancia en las superficies internas.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Para cielos principalmente despejados, con 20° de latitud norte:

- 20% de ventana con respecto a la fachada, es suficiente para obtener un valor superior a 50% de arrastre circadiano, considerando una longitud desde la fachada a la mitad de la sala, 3 metros.

- 40% de proporción ventana-fachada, sirve para obtener un valor de estímulo circadiano eficiente en toda la sala, 6 metros de profundidad, considerando reflectancias intermedias en las superficies internas.

2.- Reflexión de la habitación: Capacidad de las superficies de reflejar la luz. La medida de la reflexión es la reflectancia y se mide como la relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente. La reflexión puede ser dirigida o difusa. Existen dos condiciones luminosas en donde la superficie promedio estuvo con una reflectancia de 75% y la otra de 40%, considerando una habitación luminosa y una habitación oscura, respectivamente.

Los lugares donde la reflectancia alcanzó un 75% lograron tener mayor aporte de estímulo circadiano sin la necesidad de tener grandes porcentajes de vano de ventana, debido a que la reflectancia de las superficies es decisiva para proporcionar un estímulo circadiano eficiente, de lo contrario se puede complementar con una luz artificial que proporcione el espectro, la cantidad, la temperatura de color y otros factores que son decisivos para una correcta luz circadiana.

3.- Potencia espectral de origen (SPD): Es una representación gráfica de la potencia emitida en cada color, más específicamente en cada longitud de onda visible, por una fuente de luz. Cada fuente de luz se caracteriza por el rango y la intensidad de los colores que produce para cada longitud de onda del espectro visible.

4.- Profundidad del espacio: La longitud de la habitación es una variable relevante a considerar, ya que con un porcentaje pequeño de ventana debemos proyectar espacios con una profundidad no mayor a los 3 metros, si nuestras condiciones de cielo y reflectancia no son favorables, de lo contrario se obtiene mayor libertad en el diseño.

Variables adicionales: Factores ambientales + Factores humanos.

1.- Tipo de cielo, clima: Las condiciones climáticas son categóricas para determinar el tamaño de ventana adecuado con el fin de obtener un arrastre circadiano eficiente, desde cielos predominantes nublados, intermedios, hasta despejados, además de considerar la latitud del lugar a evaluar.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

● En aquellas latitudes donde predominan cielos despejados se necesita un 40% de ventana en relación a la fachada para obtener un estímulo circadiano eficiente que logre abarcar toda la habitación, siempre y cuando las reflectancias sean en promedio del 75%.

● En lugares donde prevalecen cielos intermedios el porcentaje de ventana varía entre un 40 a 60%, para lograr un estímulo circadiano eficiente, considerando una habitación luminosa y una oscura, respectivamente.

● Para zonas donde existen cielos principalmente nublados o cubiertos se requiere de 60 a 80% de ventana en proporción a la fachada, para obtener un estímulo circadiano eficiente que logre llegar hasta los 6 metros de profundidad, consideración que solo ocurre si la habitación es luminosa, de lo contrario el estímulo sigue siendo eficiente solo hasta la mitad de la habitación.

2.- Horario de trabajo: Jornada laboral con 8 horas diarias de lunes a viernes.

3.- Edad: Se toma en consideración ya que el nivel de luz relativo que llega a la retina disminuye debido a esta. Por ejemplo, como referencia, un observador de 65 años de edad requiere una intensidad de estímulo un 6% mayor en relación con una persona de 32 años para lograr un efecto equivalente, o una intensidad 11% mayor en relación con un observador de 10 años.

Otra variable que influye en el diseño arquitectónico es el periodo de análisis durante el año en que el estímulo circadiano existe y es eficiente, este factor se encontró en un estudio realizado por Konis [17], donde un valor adecuado del estímulo circadiano se encuentra entre 50% y 100%.

Es importante destacar que el porcentaje de luz circadiana se denota netamente con respecto a los meses del año donde el estímulo circadiano es eficiente, además de mostrar cuantos días de la semana existe, calificando con letras de la A (7 días a la semana) hasta la F (0 días a la semana).

Para cielos principalmente cubiertos, con 37° de latitud norte:

● 50% a 70% de luz circadiana eficiente, se observa entre 1 a 3 días de la semana, entre los meses de marzo a noviembre.

● 50% a 70% de luz circadiana eficiente, dentro 5 a 7 días semanales, durante los meses de mayo a septiembre.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Para cielos predominantes despejados, con 60° latitud norte:

● 50% a 80% de luz circadiana eficiente, dentro 1 a 3 días semanales, durante los meses de abril a septiembre.

● 50% a 75% de luz circadiana eficiente, se observa entre 4 a 7 días de la semana, entre los meses de mayo a agosto.

2.2.3 Factores de la luz artificial en el ciclo circadiano.

La luz como factor físico -luz visible- se percibe de diferente forma tanto para los animales como para el ser humano, dependiendo del segmento del espectro de las ondas electromagnéticas que cada especie pueda percibir.

Tenemos con esto que aquello que para nosotros no es molesto, para otras especies pueden conducir; por ejemplo, en trastornos de los patrones de movimiento. Esta luz visible o espectro luminoso, para el ser humano *"constituye tan solo un pequeño segmento del espectro de las ondas electromagnéticas. Entre la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta se sitúa, entre 380 y 780nm, la gama de ondas que el ojo es capaz de registrar." [18]*

Este espectro luminoso que indiferente de la fuente – natural o artificial- emite radiación visible e invisible, haya su diferencia en aquella relación reproducción cromática/calidad/eficiencia que alcanza su zenit en la luz diurna, ejemplificándose en gráficos SPD (Potencia espectral de origen), donde se pueden aclarar ciertas características de cada fuente de luz:

Luz diurna:

Espectro luminoso uniforme con un máximo de la potencia de radiación en el espectro visible, permitiendo una excelente reproducción cromática.

Las porciones de radiación ultravioleta pueden provocar daños por constante exposición en tejidos u obras de arte; la generación de calor de esta radiación puede dañar alimentos u obras de arte por desecación.

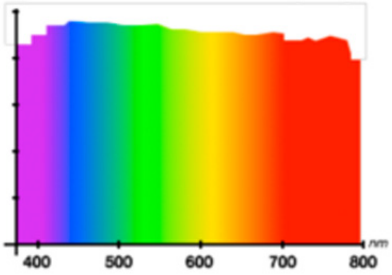


Figura 2.11: Potencia espectral de origen (SPD) de luz diurna (5500 a 6000°K). Fuente: Un discurso de la luz, ERCO.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Lámpara incandescente:

Espectro luminoso uniforme y una excelente reproducción cromática, alcanzando niveles parecidos a la luz diurna (Ra 100).

Una gran porción de la potencia de radiación se halla en la gama de ondas infrarrojas; en consecuencia, la eficacia luminosa es reducida, resultando en lámparas energéticamente deficientes.

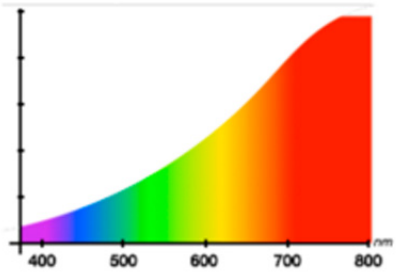


Figura 2.12: Potencia espectral de origen (SPD) de lámpara incandescente (2700°K). Fuente: Un discurso de la luz, ERCO.

Lámpara fluorescente:

Espectro luminoso depende de los polvos fluorescentes que recubren las superficies interiores de los tubos de cristal, resultando en un espectro luminoso discontinuo y una menor reproducción cromática mediocre.

Poseen una eficacia luminosa y una eficiencia energética satisfactorias.

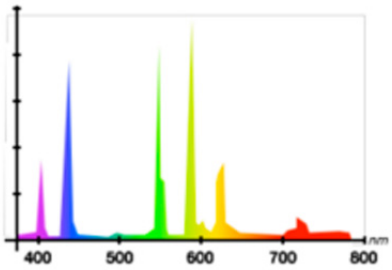


Figura 2.13: Potencia espectral de origen (SPD) de lámpara fluorescente (3000°K). Fuente: Un discurso de la luz, ERCO.

LED:

Fuente digital cuya reproducción cromática depende del tipo de LED.

Se puede obtener luz blanca por combinación de LEDs rojos, verdes y azules (LEDs RGB) o por recubrimiento con polvos fluorescentes, transformando parcialmente la luz de LEDs azules en otras longitudes de onda.

Los LEDs blancos generan un espectro más amplio y proporcionan una reproducción cromática mejor que los LEDs RGB con luz blanca (CRI 95).

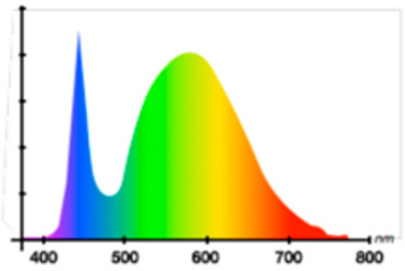


Figura 2.14: Potencia espectral de origen (SPD) de led frío (5000°K). Fuente: Un discurso de la luz, ERCO.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

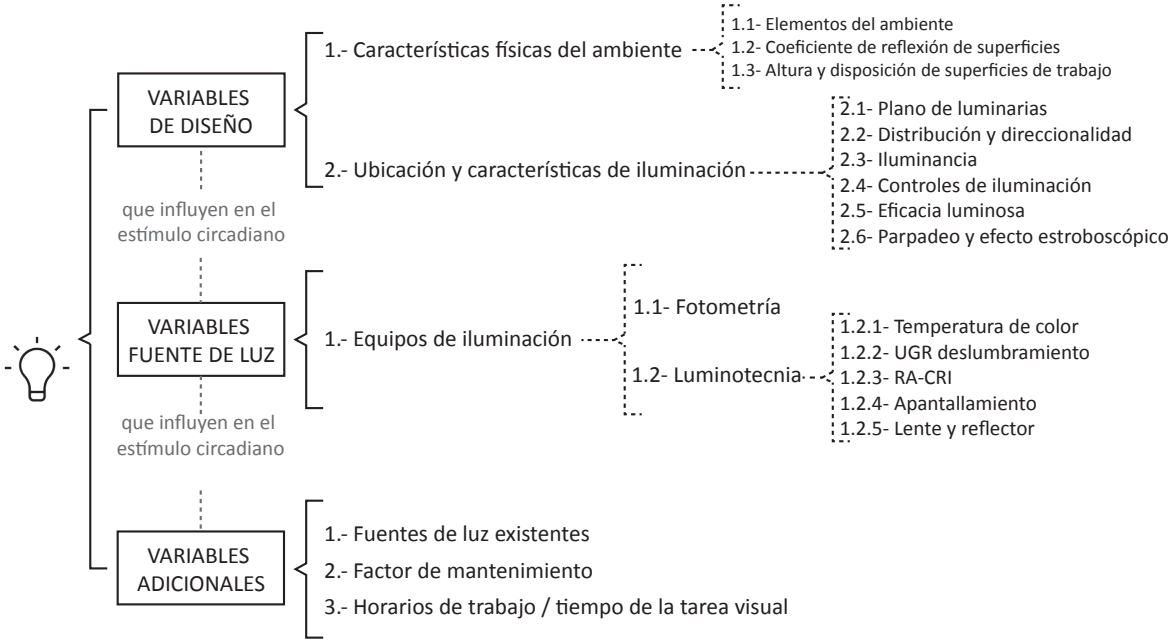


Figura 2.15: Mapa conceptual: Variables de iluminación artificial que influyen en el estímulo circadiano. Fuente: Elaboración propia.

Variables de diseño arquitectónico.

1.- Características físicas del ambiente:

● Elementos del ambiente: Tipo y cantidad de elementos existentes en el ambiente que influirán en la distribución lumínica de un local, comúnmente hablamos de elementos móviles (como muebles) o elementos estáticos como características peculiares del entorno físico (peculiaridades en cómo se construye el espacio físico del local, etc); está directamente relacionado con los coeficientes de reflexión de superficies, como con la altura y disposición de superficies de trabajo.

● Coeficientes de reflexión de superficies: (Cielo, suelo y muros) *"La medida de la reflexión es la reflectancia; se define como la relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente" [19]*, en una superficie la reflexión se puede expresar como una fracción entre 0 y 1, o como un porcentaje entre 0 (total absorción de luz) y 100 (total reflexión de la luz), donde 0 es negro y 100 es blanco. Cuando la luz alcanza una superficie, parte de esa luz penetra en ella. Allí puede que sea absorbida, dispersada o, incluso si la capa es lo bastante delgada, transmitida.

● Altura y disposición de superficies de trabajo: Plano de trabajo en relación a la altura donde se realiza cada actividad y con la cual se trabajará una escena lumínica específica de un local. Para tareas específicas se identifican niveles de iluminación recomendados/normados, dependiendo de la tarea a realizar.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

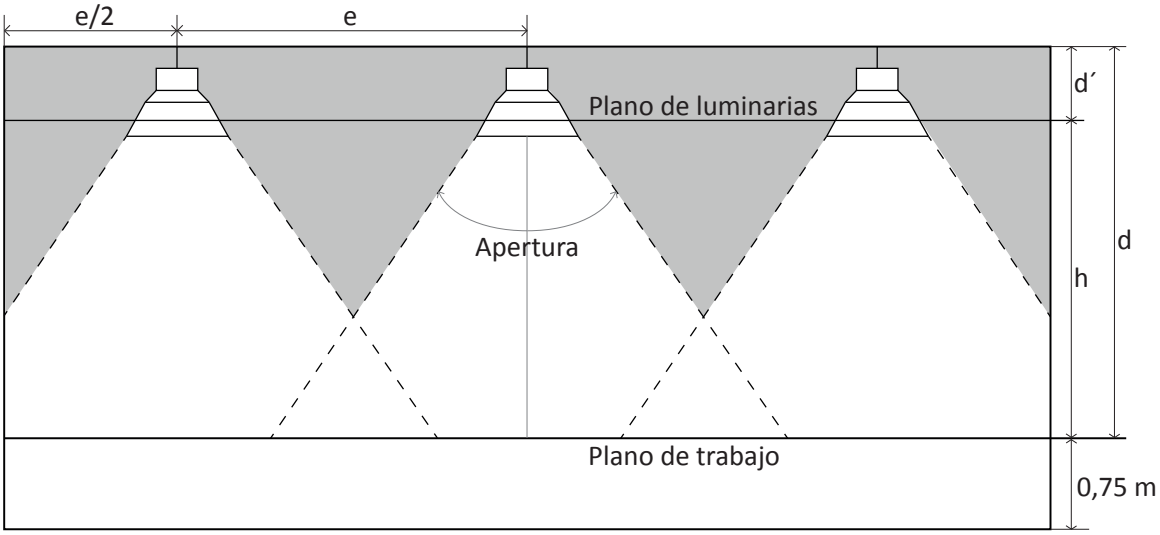


Figura 2.16: Relación entre plano de trabajo y plano de luminarias en un espacio determinado. Fuente: Elaboración propia.

2.- Ubicación y características de iluminación: Proyecto de iluminación específico para un local, que incorpora los alcances, características y/o exigencias que quiere alcanzar el proyectista en iluminación, y que normativamente debe alcanzar, dependiendo del programa y/o tarea visual que se realice en el lugar. Según la normativa europea de iluminación, *"los requisitos de iluminación se determinan por la satisfacción de tres necesidades humanas básicas [20]":* confort visual, rendimiento visual y seguridad.

● Plano de luminarias: Distancia de la fuente de luz respecto a su plano opuesto vertical y/u horizontal. Comúnmente el plano de luminarias se define en una posición horizontal respecto al suelo o plano de trabajo.

● Distribución de luminarias y direccionalidad de la luz: Se refiere a la cantidad de puntos de iluminación y la posición (vertical, horizontal o diagonal) o ángulo que estas adoptan en un espacio. *"La distribución de luminancias en el campo de visión controla el nivel de adaptación de los ojos que afecta a la visibilidad de la tarea". [21]*

Según la normativa europea UNE EN 12464-1 para espacios de trabajo interiores, una luminancia de adaptación bien equilibrada es necesaria para aumentar: la agudeza visual, la sensibilidad al contraste, la eficiencia de las funciones oculares (contracción de la pupila, movimientos del ojo, etc.).

● Iluminancia: *"La iluminancia se define como la relación entre el flujo luminoso que incide sobre una superficie y el tamaño de esta superficie" [22].* La unidad de medida es el lux (lumen/m²).

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

● Controles de iluminación: Conmutable, Regulable, DALI, DMX : Controles que definirán el tipo de encendido de los equipos de iluminación; en estos podemos encontrar conmutables (switch manual), regulables (para ajustar la intensidad lumínica manualmente sin escalonamientos mediante un dimmer en lámparas incandescentes, lámparas halógenas de bajo voltaje y lámparas fluorescentes); DALI, siglas de Digital Addressable Lighting Interface (control de iluminación bidireccional que ejecuta órdenes y solicitudes programadas desde una fuente o computador de control, controla escenas de iluminación y envía alertas de fallos en luminarias; DMX (Digital Multiplex) protocolo usado mayormente para el control de iluminación de escenarios.

● Eficacia luminosa: Se define por la unidad lumen/vatio (lm/W). Es la relación entre el flujo luminoso generado y la potencia eléctrica consumida de una lámpara. Esta relación no solo se debe evaluar para cada equipo de iluminación por separado, sino también en conjunto puestos en un local determinado. Hay que considerar que *"es importante no comprometer los aspectos visuales de una instalación de iluminación simplemente para reducir el consumo de energía [23]".*

● Parpadeo y efecto estroboscópico: El parpadeo o flicker es propio del equipo de iluminación, y es el efecto de modulación de luz durante un periodo de tiempo, la intensidad lumínica varía rápida y levemente produciendo un parpadeo, causando *"distracción y puede dar lugar a efectos fisiológicos tales como dolores de cabeza" [24].* El Efecto estroboscópico son *"efectos de centello o variación aparente de la velocidad de objetos en movimiento bajo luz pulsante (por la frecuencia de red) hasta la inmovilidad aparente o la inversión de la dirección del movimiento" [25].*

Variables fuente de luz.

1.- Equipos de iluminación: Fotometría y luminotecnia: Las características tantos de fotometría como luminotecnia de las fuentes de iluminación son parte del diseño en cuanto el proyectista puede elegir cada lámpara, mas no cambiar las características propias de los equipos de iluminación (estas características dependen de cada fabricante).

● Fotometría: (Óptica, flujos luminosos y espectro): Referentes a la medición de magnitudes luminotécnicas, estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética de estimular el sistema visual. La fotometría de un equipo de iluminación (longitudes de onda que forman el espectro visible) depende directamente de la óptica de cada lámpara, definida por el lente (elemento óptico que incide en la dirección y comportamiento de la luz) y por el flujo luminoso (describe la potencia luminosa total emitida por una fuente de luz, expresada en lúmen, lm).

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

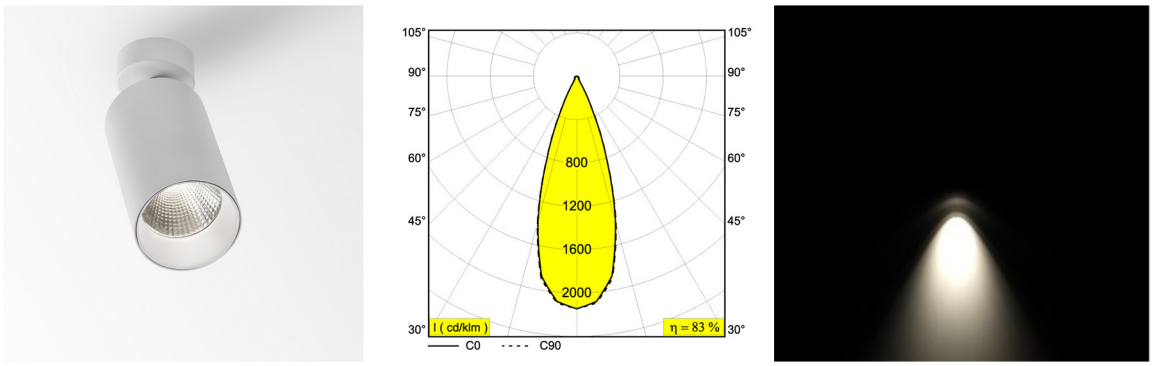


Figura 2.17: Fotometría e imagen referencial de luminaria downlight.
Fuente: Un discurso de la luz, ERCO.

● Luminotecnia: Referente a una serie de aspectos de tecnología aplicada a los equipos de iluminación para establecer ciertas características de estos, como: temperatura de color, UGR (deslumbramiento), RA – CRI (reproducción cromática), apantallamiento, lente y reflector.

1.- Temperatura de color: Designación del color de luz de una fuente lumínica, comparado dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada, expresada en Kelvin (K)

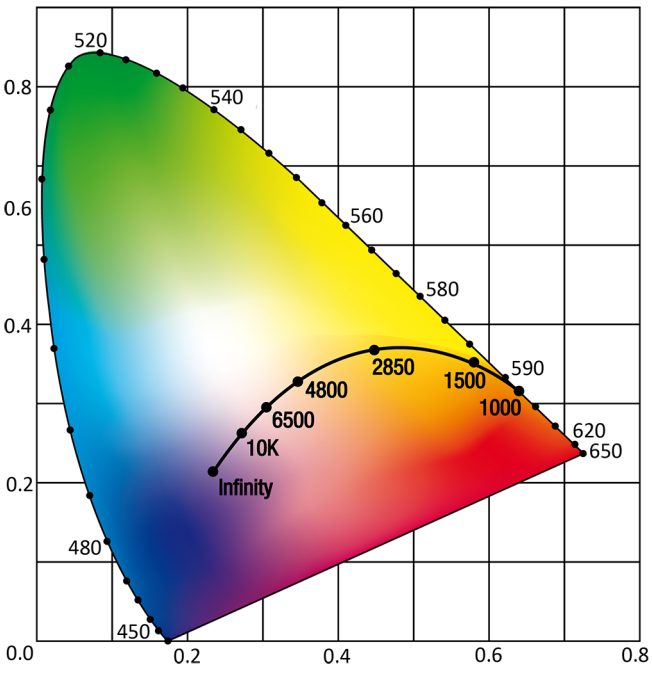


Figura 2.18: Sistema de referencia colorimétrico CIE, representa los colores de la luz en la luz, en la luminotecnia se utiliza el triángulo de referencia colorimétrico CIE. La definición de un color depende de dos parámetros: el tono y la saturación. El área de color está delimitada por una curva en la que se encuentran los lugares de color de los colores espectrales totalmente saturados. En el interior del área se encuentra el punto de menos saturación, denominado punto banco o acromático. Así pues, todos los niveles de saturación de un color se hallan en la recta entre el punto acromático y el lugar de color correspondiente.

Curva Planckiana, indica la temperatura de color entre 1.600K y 10.000K. En los puntos 4.000K y 5.000K tiene lugar la división en las tres zonas blanco cálido (WW), blanco neutro (NW) y blanco luz diurna (DW). Fuente: Un discurso de la luz, ERCO.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

2. UGR: Índice de deslumbramiento unificado (Unified Glare Rating) propio de la fuente lumínica que incorpora elementos de los métodos de Soller como del índice de deslumbramiento británico IES. El efecto sobre el deslumbramiento, tanto del número de luminarias como de la luminancia de adaptación, está relacionado con la luminancia media sobre el plano de trabajo. Para luminarias cuyas lámparas o parte de ellas sean directamente visibles bajo la gama crítica de ángulos de visión, no sólo deberá limitarse la luminancia media de la luminaria, sino que además las lámparas deberán apantallarse adecuadamente.

3. RA-CRI: Medidas utilizadas en relación a una fuente de luz para medir su capacidad de mostrar los colores de un objeto con la mayor naturalidad posible.

4. Apantallamiento: Forma en la cual a través de un elemento el cono de luz queda limitado a la dirección de irradiación principal, reduciendo o evitando la proporción de luz dispersa y el deslumbramiento.

5. Lente y reflector: Elemento óptico para la dirección de la luz. El radio, la forma del abombamiento y la estructura de la lente determinan el comportamiento óptico. Mientras que el reflector es un sistema de dirección de luz mediante superficies reflectantes, *"la característica de un reflector se basa primeramente en su grado de reflexión y dispersión, en los reflectores parabólicos de alto brillo o mates además sobre todo en el tipo de curva de su sección."[26]* Estos conceptos están directamente relacionados con los ángulos de iluminación que adoptan los equipos, así como de la luminancia e iluminancia en relación a los vatios de cada luminaria.

Variables adicionales: Factor ambiental + Factor de mantención + Factor humano.

1.- Fuentes de luz natural existentes: Una oficina se define según la OGUC como un lugar habitable (artículo 4.1.1), estableciendo condiciones mínimas de habitabilidad dentro de las cuales se cuenta en el artículo 4.1.2. La exigencia que *"en materia de iluminación natural, los locales o recintos definidos como habitables siempre deberán contar con ventanas, con la sola excepción de los locales pertenecientes a un centro comercial."[27]* (Aclaración del artículo 4.1.2 en DDU 378). Esta exigencia mínima de una fenestración en un paramento vertical incide en que el local que contiene el programa debe estar expuesto no solo a iluminación artificial sino además a iluminación natural; sin embargo, la definición de local o recinto habitable puede eventualmente ser modificada en la realidad, instalando muros divisorios o paramentos translúcidos para subdivisión de un recinto, lo que implicaría una disminución significativa de los lux emitidos por la fuente de luz natural.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

2.- Factor de mantenimiento: *"Factor recíproco del factor de conservación; tiene en cuenta, en la planificación de una instalación nueva, el efecto reductor por envejecimiento de lámparas, fallo de lámparas y suciedad de la instalación. El valor de la iluminancia inicial será por tanto el producto de la iluminancia media por el factor de mantenimiento." [28]*

3.- Horarios de trabajo/tiempo de la tarea visual: Periodo de tiempo en la cual una persona está expuesta a una condición constante de iluminación para realizar una tarea visual específica.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Capítulo III: Evaluación de la iluminación en espacios de oficina.

Se escoge el edificio de administración de la Universidad del Bío-Bío, campus Concepción, por ser una construcción antigua que ha sufrido constantes modificaciones a lo largo del tiempo; condicionando el espacio físico de sus oficinas a una baja relación entre la cantidad y la calidad de luz, tanto natural como artificial. Dicho edificio se encuentra orientado 30° al Norte, uniéndose por un lado al edificio de Rectoría y por otro a la Facultad de Ciencias. El edificio tomado como caso de estudio consta de dos niveles, albergando 20 departamentos administrativos de distintas índoles, creando un universo de 126 oficinistas.

3.1 Estudio condiciones de iluminación.

Nivel 1, Edificio de Administración, UBB: 16 departamentos administrativos, 88 oficinistas.

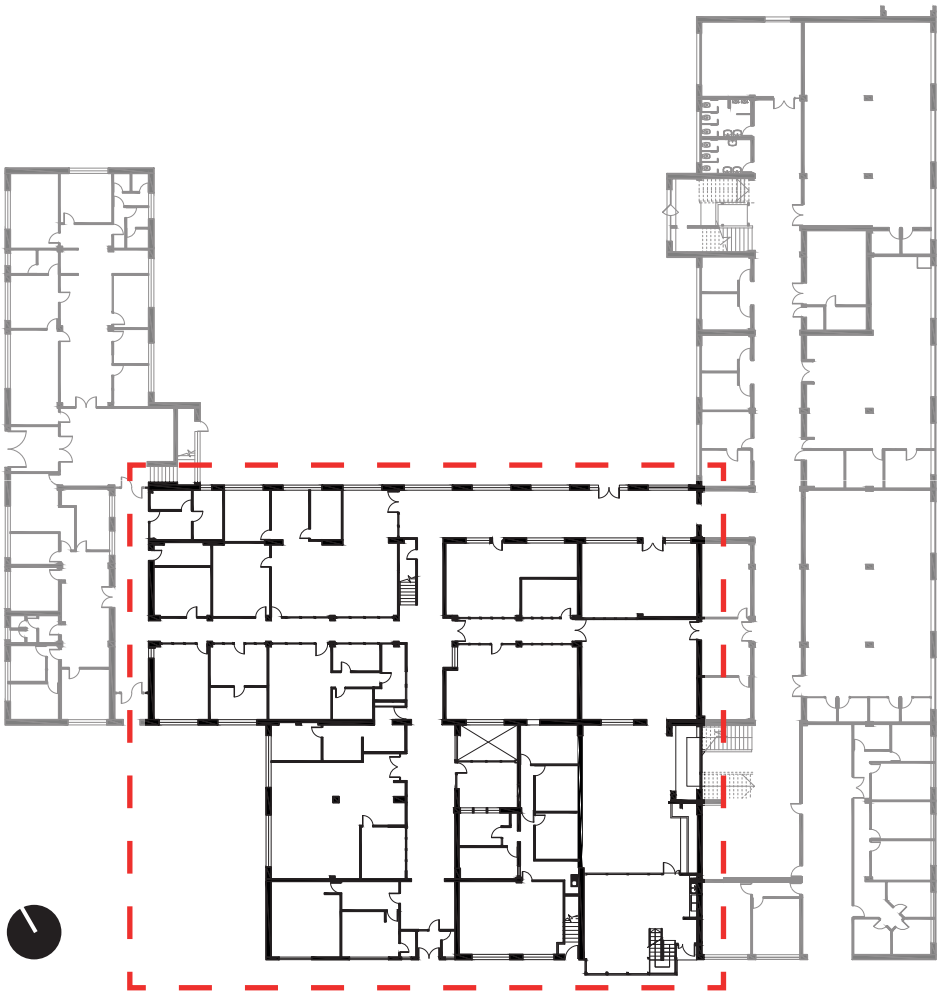


Figura 3.1: Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Nivel 2, Edificio de Administración, UBB: 4 departamentos administrativos, 38 oficinistas.

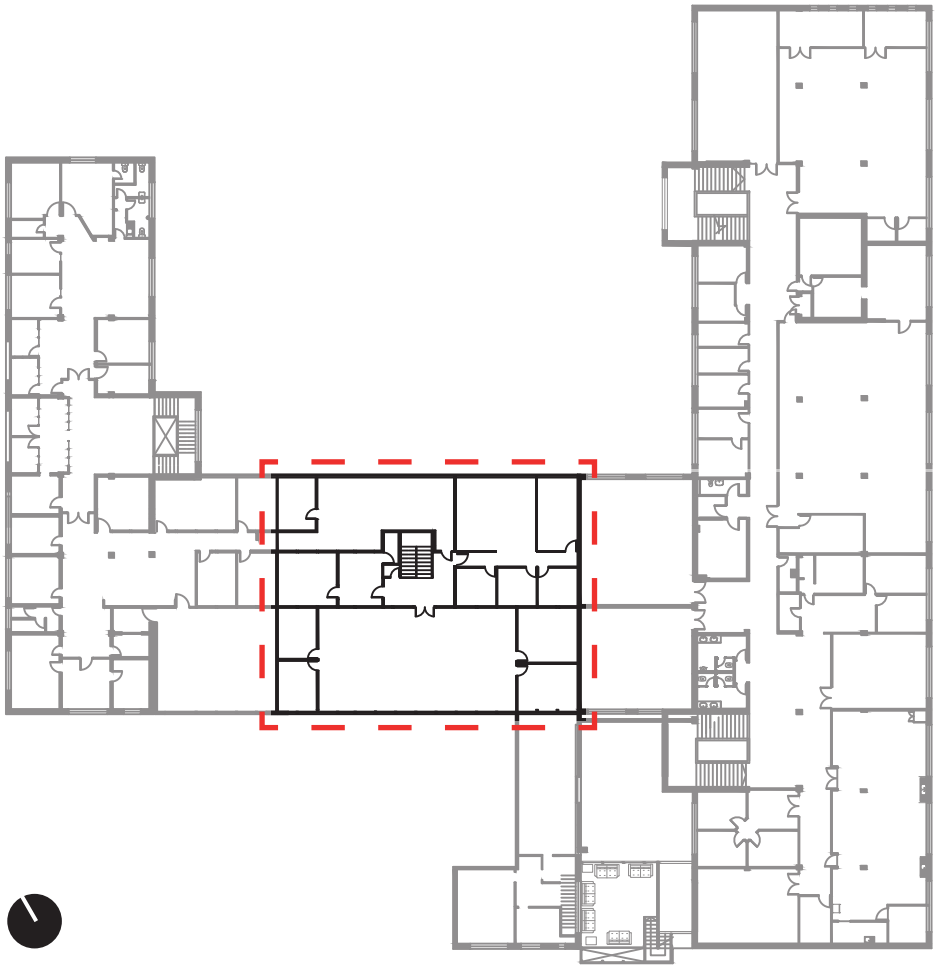


Figura 3.2: Planta Nivel 2, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes observaciones se realizan en terreno, a través de un recorrido por las distintas instalaciones que posee el edificio de administración de la universidad; se aprecian algunas variables de diseño, fuentes de luz y adicionales. El análisis completo del edificio se encuentra en el Anexo A de este documento.

3.1.1 Análisis variables de diseño arquitectónico.

Coeficiente de reflexión: La reflectancia se clasificó dentro de dos categorías, opaco o brillante (oscuro o claro) y se consideraron las superficies del ambiente (cielo, muro y suelo), además de la ubicación y altura del plano de trabajo. El cielo es del tipo americano, compuesto de placas de fibra mineral blanca con terminación opaca; los muros en su mayoría están pintados con pintura blanca y

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

otros en tonos crema, pero ambas opciones son terminaciones opacas-claras; el suelo varía entre terminaciones de flexi blanco brillante y alfombrado gris opaco. Con respecto a los planos de trabajo en algunos casos están cubiertos de melanina blanca brillante y otros con terminación tipo madera natural clara con acabado brillante.

Tabla 3.1 Coeficientes de reflexión de superficies ambientales y planos de trabajo de las oficinas, según software DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

Color de cada superficie	Coeficiente de reflexión
Cielo americano blanco (fibra mineral)	70 - 80%
Muro pintura blanca	70 - 80%
Muro pintura crema	60 - 70%
Suelo flexi blanco	70 - 80%
Suelo alfombra gris oscuro	10 - 20%
Mobiliario melamina blanca	70 - 80%
Mobiliario madera natural clara	50 - 70%

En relación al diseño de interiores, las recomendaciones generales apuntan a la selección de colores o terminaciones claras, siendo el color blanco la mejor opción para paredes y cielos (en lugares con condiciones lumínicas medias o bajas), con el fin de maximizar el potencial lumínico que se posee; a su vez, seleccionar terminaciones opacas para evitar brillos que puedan provocar deslumbramiento o molestias.

Altura de las superficies de trabajo: El plano de trabajo tiene relación con la altura donde realizamos una tarea, en las oficinas las actividades que se realizan normalmente nos llevan a permanecer sentados durante largas jornadas de trabajo. La altura de los escritorios es de 75 centímetros en todas las oficinas.

3.1.2 Análisis variables fuentes de luz.

Tipo de luminaria: Tanto en las oficinas como en los pasillos del edificio de administración de la universidad se utilizan lámparas fluorescentes (con reflectores y difusores variados); estos poseen una gran superficie que despide la luz, produciendo mayormente una luz difusa con poca brillantez que varía dependiendo del tipo de reflector y difusor usado. Los colores de luz de las lámparas fluorescentes que se utilizan son: el blanco cálido y el blanco de luz diurna. Además se caracterizan por una eficacia luminosa elevada y una duración de vida larga.

El inconveniente de este tipo de luminaria es que cuenta con un porcentaje alto de toxicidad, lo cual produce graves daños a la salud humana y al medio ambiente, debido al mercurio que contiene.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Asimismo el encendido del tubo fluorescente no se produce de manera instantánea, tardando un lapso de tiempo para que el tubo logre una temperatura adecuada para funcionar; con el tiempo se pueden producir efectos flicker (o parpadeos), cuyo efecto al tener un constante uso y exposición a este tipo de luz, puede provocar dolores de cabeza, por la discontinuidad de la emisión de la luz, provocando además un espectro de la luz cuya reproducción cromática (RA-CRI) deficiente.

El caso de estudio, mayoritariamente posee un solo tipo de iluminación (fluorescente); sin embargo la luz no es uniforme por la variabilidad de la lámpara, condicionadas por los tipos de reflectores (en algunos casos brillantes, en otros con apantallamiento), difusores (opales o sin difusor) y el mantenimiento de estas (muchas no tienen mantenimiento, presentan suciedad lo que altera las características del equipo de iluminación).

LÁMPARA EN USO

1.- Tubo fluorescente T8

Marca	: Philips
Temperatura de color	: 3000K
Color designado	: Warm white (WW)
RA-CRI	: 80
Flujo luminoso	: 3250 lm
Eficiencia luminosa	: 90 lm/W
Potencia	: 36 W
Vida útil (50% falla)	: 15000 h

LÁMPARA EN USO

2.- Tubo fluorescente T8

Marca	: Philips
Temperatura de color	: 6200K
Color designado	: Daylight white (DW)
RA-CRI	: 72
Flujo luminoso	: 2500 lm
Eficiencia luminosa	:
Potencia	: 36 W
Vida útil (50% falla)	: 13000 h

LÁMPARA EN USO

3.- Tubo fluorescente T8

Marca	: Osram
Temperatura de color	: 6500K
Color designado	: Daylight white (DW)
RA-CRI	: 70
Flujo luminoso	: 2500 lm
Eficiencia luminosa	:
Potencia	: 36 W
Vida útil (50% falla)	: 13000 h

LÁMPARA DE REEMPLAZO

1.- Tubo led T8

Marca	: FSL
Temperatura de color	: 6500K
Color designado	: Daylight white (DW)
RA-CRI	: >70
Flujo luminoso	: 1600 lm
Eficiencia luminosa	:
Potencia	: 18 W
Vida útil (50% falla)	: 25000 h

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Flujo luminoso: Describe la potencia luminosa total emitida por una fuente de luz y su unidad de medida es el lumen; con respecto a las lámparas fluorescentes en uso, este varía entre los 3250lm (warm white) a los 2500lm (daylight white), incluso la lámpara que se utiliza como reemplazo de las anteriores da 1600lm (daylight white). Si bien una mayor cantidad de lúmenes genera un espacio más "iluminado" para el usuario, no implica que sea más eficiente, dependiendo de distintas variables. Por ejemplo, una de las ventajas de la luz día blanca es que con esa cantidad menor de potencia luminosa (1600lm) aporta perceptualmente una mayor intensidad por el color de la luz.

Temperatura de color: En relación a las luminarias que están en uso y reemplazo, los colores asignados para estás, son: 3000K, blanco cálido (Warm White, WW) color que tiende al rojo y da una sensación de calidez en el ambiente, diseñado para lugares de descanso o espacios que sugieren tranquilidad en su entorno; y 6200 a 6500K, luz diurna blanca (Daylight White DW) de tonos más azules que asemeja la luz de un día soleado despejado, ayudando a permanecer en un estado de alerta, diseñado para ambientes laborales o lugares que requieran tareas minuciosas.

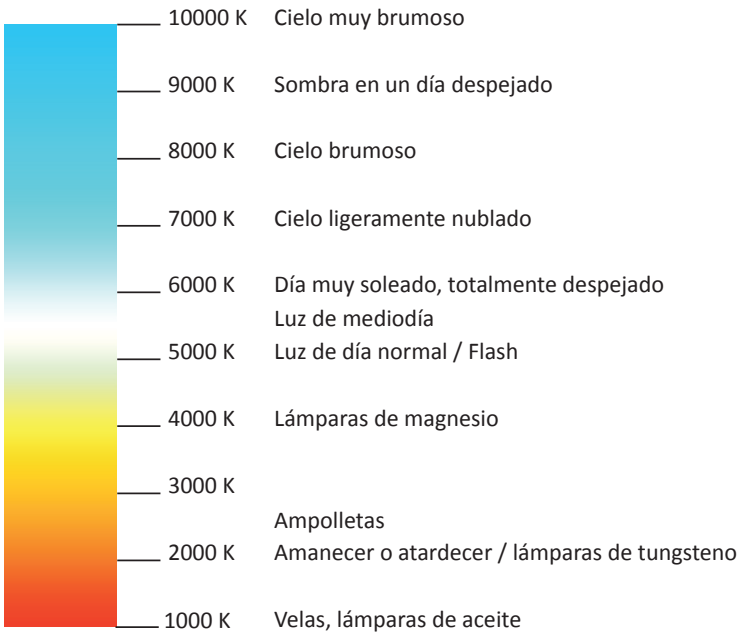


Figura 3.3: Escala de temperaturas de color °Kelvin. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Análisis variables adicionales.

Factor de mantenimiento: Considera la depreciación del flujo luminoso como consecuencia del ensuciamiento y representa la relación entre el rendimiento de una luminaria al momento de la limpieza y su situación inicial, además de la periodicidad de limpieza del espacio.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

"El FM tiene un gran impacto sobre la eficiencia energética. La suposición realizada en el establecimiento del FM debe optimizarse de forma que lleve a un valor alto. Las directrices realizadas en el establecimiento del FM para los sistemas de iluminación artificial pueden encontrarse en la Norma CIE 97-2005." [29]

Para este caso, se toma como referencia lo establecido por el software DIALux 4.12 (software que se ocupará para analizar el caso de estudio específico) cuyos índices siguen la Norma CIE 97-2005. El factor de mantenimiento asignado al edificio de administración será de 0.67, ya que el departamento de mantenimiento de la universidad no posee plan de sostenimiento respecto a las luminarias, sino que solo las reemplazan cuando estas fallan.

Tabla 3.2 Factor de mantenimiento según software DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

	Factor de mantenimiento
Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual	0,80
Local limpio, ciclo de mantenimiento de 3 años	0,67
Instalación exterior, ciclo de mantenimiento de 3 años	0,57
Instalación interior o exterior, alta contaminación	0,50

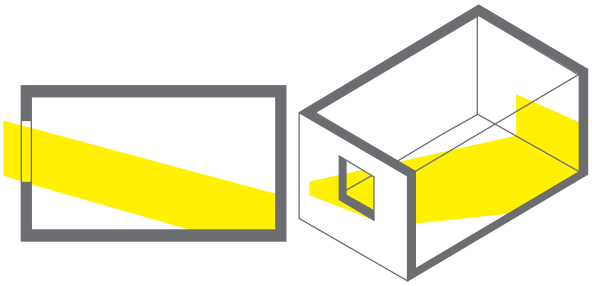
Horario de trabajo: Los oficinistas tienen una jornada laboral de 8 horas diarias de lunes a viernes y pueden escoger dos modalidades de horario; la primera opción es el horario institucional de la universidad, de 8:10 a 12:30 por la mañana y de 14:10 a 18:13 horas durante la tarde. En segundo lugar está el horario de permanencia, donde pueden escoger su hora de entrada, con la condición de cumplir las horas diarias acordadas; este último facilita las condiciones para cronotipos vespertinos que tienen una activación más tardía del estímulo circadiano.

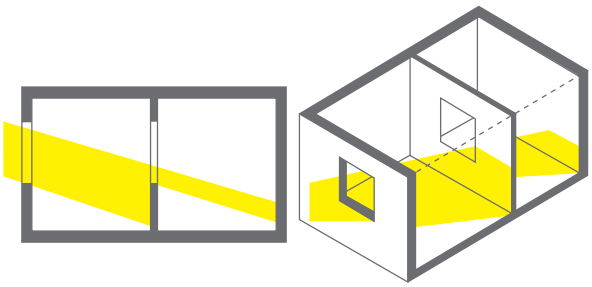
3.2 Tipología de oficinas.

Se definen cuatro tipos de oficina, según los aportes de luz natural y/o artificial, y las condiciones físicas del espacio de oficina. Esta diferenciación nace a partir de la observación del edificio administrativo de la universidad, construcción antigua que se ha modificado interiormente a lo largo del tiempo para ser adaptada a nuevos espacios de oficina, mediante la subdivisión de estas.

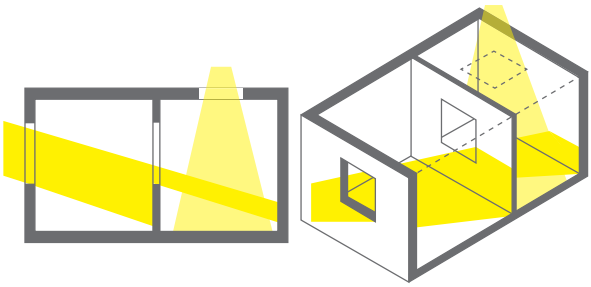
Dentro de los 20 departamentos que tiene el edificio de administración, existen tanto oficinas individuales como áreas libres donde hay varias áreas de trabajo. Por esta razón, se contabilizan los puestos de trabajo que hay, siendo importante verificar la cantidad de aportes de luz que alcanza el plano de trabajo y su posterior funcionalidad al momento de trabajar.

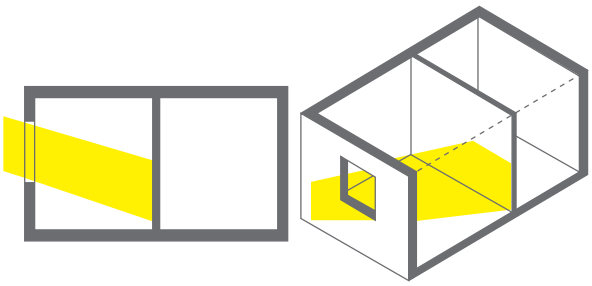
Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

TIPO N° 1 LUZ NATURAL DIRECTA		**30,95%** **39 puestos de trabajo**
		Oficina con un aporte directo de luz natural, la ventana está a no más de 2 metros del plano de trabajo.

TIPO N° 2 LUZ INDIRECTA NATURAL Y/O ARTIFICIAL		**36,50%** **46 puestos de trabajo**
		Oficina con un aporte indirecto de luz, en este caso el aporte directo de luz natural y/o artificial pasa por otro espacio de oficina o un pasillo antes de llegar al plano de trabajo.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

TIPO N° 3 DOS O MÁS APORTES DE LUZ INDIRECTA NATURAL Y/O ARTFICIAL		**12,69%** **16 puestos de trabajo**
		Oficina con dos o más aportes indirectos de luz; ya sea natural, artificial o una combinación de ambas. Al igual que el caso anterior el aporte lumínico pasa por otro espacio antes de llegar al plano de trabajo.

TIPO N° 4 SIN LUZ NATURAL		**19,84%** **25 puestos de trabajo**
		Oficina con nulo aporte de luz, circunstancias donde el plano de trabajo no recibe ningún tipo de aporte lumínico, aunque el espacio de oficina tenga ventanas o paños vidriados que permitan algún flujo luminoso, estos se encuentran mal situados o tapados.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

3.3 Encuesta administrativos UBB.

Se realiza una encuesta a los administrativos de la Universidad del Bío-Bío. De un universo de 126 personas se obtienen resultados de 92 oficinistas que equivalen al 73,01% de la muestra.

La encuesta comienza con tres preguntas en el apartado de "Datos Generales"; se evalúa el horario de trabajo de los ocupantes además del rango de edad y los años que llevan ejerciendo su labor en ese puesto de trabajo en específico, para dar a conocer si existe un factor de acostumbramiento de la persona.

ENCUESTA ADMINISTRATIVOS UBB

Datos generales:

1.- ¿Su horario de trabajo es de 8:10 a 12:30 a.m. y 14.10 a 18:13 p.m.?
□ Si
□ No, especifique
_____

2.- Edad
□ Menos de 30 años
□ 31 a 40 años
□ 41 a 50 años
□ 51 a 60 años
□ 61 a 70 años
□ Más de 71 años

3.- ¿Cuántos años lleva trabajando en este puesto de trabajo? _____, años

Figura 3.4: Extracto de Encuesta administrativos UBB, sección "Datos generales". Fuente: Elaboración propia.

El cuestionario se divide en dos secciones, en primer lugar se utiliza el cuestionario abreviado de Matutinidad y Vespertinidad (MEQ) de Horne y Ostberg de 1976 que consta de seis preguntas [30]. El objetivo principal de este test es medir en que momento del día el reloj biológico de una persona (ciclo circadiano), produce un estado de alerta máximo; ya sea en la mañana, en la tarde o al mediodía. Dando a conocer que el tiempo de alerta de cada persona tiene directa relación con el momento que en la temperatura corporal es alta.

El MEQ es un test altamente utilizado en investigaciones y ha sido citado en diversos artículos, algunos autores son: Rea, Mark et al. 2008; Figueiro, Mariana et al. 2009-2010-2012; Wright, Kenneth et al. 2013; Bierman, Andrew et al. 2013; Sivaji, Ashok et al. 2013; Boubekri, Mohamed et al. 2014 y Roenneberg, Till et al. 2016; entre otros.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Si bien, existe otro test más contemporáneo, llamado el Cronotipo de Munich, 1991, que dicta preguntas muy similares al MEQ, se decide utilizar este último en su versión abreviada por su originalidad y vigencia en la actualidad.

PARTE I: Matutinidad y vespertinidad

1.- ¿A qué hora te levantarías si tuvieras entera libertad para organizarte el día?
□ a) Después de las 9
□ b) Entre las 7 y 9
□ c) Antes de las 7

2.- Levantarte los días laborables es para ti:
□ a) Muy difícil
□ b) Moderadamente difícil, depende de los días
□ c) Fácil

3.- ¿Cómo te encuentras la primera media hora después de levantarte?
□ a) Dormido/cansado
□ b) Depende
□ c) Alerta/despejado

4.- ¿A qué hora te acostarías si fuera algo que dependiera totalmente de ti?
□ a) Después de las 12 de la noche
□ b) Entre las 10:30 y las 12 de la noche
□ c) Antes de las 10:30 de la noche

5.- ¿Cómo te encuentras media hora antes de acostarte los días laborales?
□ a) No muy cansado
□ b) Moderadamente cansado/depende del día
□ c) Muy cansado, a punto de quedarme dormido

6.- Si has trasnochado, ¿cuándo te levantas al día siguiente?:
□ a) Más tarde de lo habitual, deseando dormir
□ b) Depende
□ c) A la hora habitual y deseando salir de la cama

Figura 3.5: Extracto de Encuesta administrativos UBB, Parte 1: Matutinidad y Vespertinidad, cuestionario abreviado de Horne y Ostberg, 1976. Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, se utiliza la parte IV del "Cuestionario de evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo" del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y el Ministerio de Trabajo e Inmigración de Madrid; donde se busca beneficiar la percepción visual con el objetivo de certificar una correcta y cómoda ejecución de las tareas laborales, además de resguardar la seguridad y bienestar de los ocupantes.

"Como es sabido, una iluminación deficiente puede propiciar errores y accidentes, así como también la aparición de fatiga visual y de otros trastornos visuales y oculares. A pesar de esta evidencia, no es infrecuente encontrar puestos de trabajo, mal iluminados o con un mantenimiento deficiente del sistema de iluminación. En otras ocasiones, el acondicionamiento de la iluminación se limita al aspecto cuantitativo (nivel de iluminación) sin tener en cuenta otros requisitos importantes referidos a la calidad de la misma." [31] Por consiguiente se busca una visión subjetiva de los oficinistas en su entorno laboral, para entender las condiciones en que realizan sus tareas diarias. La encuesta completa se encuentra en el Anexo B de este documento.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

PARTE II: Condiciones de iluminación en el puesto de trabajo

1.- Número de ventanas que posee su lugar de trabajo
□ 1
□ 2 o más
□ Ninguna

2.- Qué sistema de iluminación hay en la oficina donde trabaja
□ Iluminación natural
□ Iluminación artificial general
□ Iluminación artificial localizada
□ Iluminación natural con apoyo de artificial

3.- Considera Ud. que la iluminación en su puesto de trabajo es:
□ Adecuada
□ Algo molesta
□ Molesta
□ Muy molesta

4.- Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:
□ Más luz
□ Sin cambio
□ Menos luz

5.- Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo:
□ Fatiga en los ojos
□ Visión borrosa
□ Sensación de velo delante de los ojos
□ Vista cansada
□ Picor de ojos
□ Pesadez en los párpados

6.- Señale con cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones está de acuerdo:
□ Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo
□ En mi puesto de trabajo la luz es excesiva
□ Las luces producen brillos o reflejos en algunos elementos de mi puesto de trabajo
□ La luz de algunas luminarias o ventanas me da directamente en los ojos
□ En mi puesto de trabajo hay muy poca luz natural
□ En mi puesto de trabajo tengo dificultades para ver bien los colores
□ En las superficies de trabajo de mi puesto hay algunas sombras molestas
□ Necesitaría más luz para poder realizar mi trabajo más cómodamente
□ En algunas superficies de mi puesto de trabajo hay reflejos
□ Cuando miro a las luminarias me molestan
□ En mi puesto de trabajo hay algunas luces que parpadean
□ Cuando estoy trabajando mis ojos lagrimean

Figura 3.6: Extracto de Encuesta administrativos UBB, Parte 2: Condiciones de iluminación en el puesto de trabajo, apartado IV del "Cuestionario de evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo" de Madrid. Fuente: Elaboración propia.

3.4 Estudio cronotipo circadiano.

La variable biológica da a conocer el cronotipo circadiano que cada persona posee, dado por la forma en que divide el día con respecto a las labores diarias, desde el momento en que nos levantamos; la rutina diaria que tenemos en el trabajo para finalmente llegar a la etapa de descanso al momento de acostarnos.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

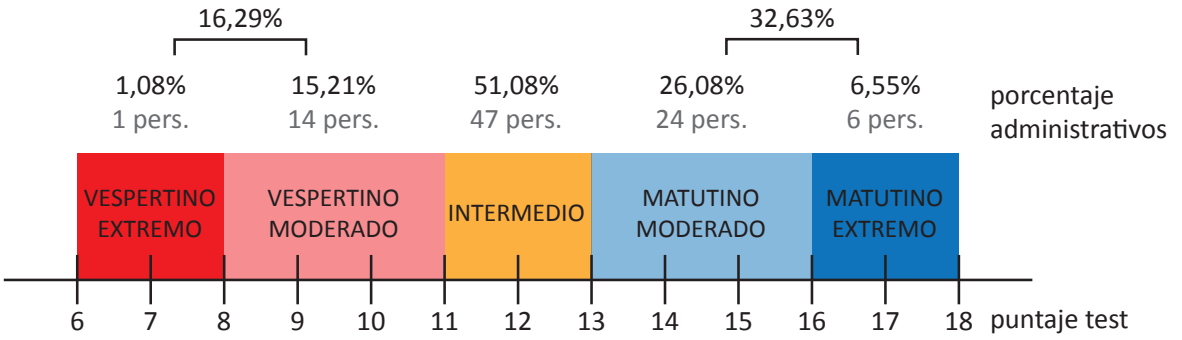


Figura 3.7: Tipología de cronotipos circadiano. Fuente: Elaboración propia.

Estos cinco tipos de cronotipo circadiano se pueden resumir en tres partes:

- **Vespertino:** Las funciones cognitivas de estas personas alcanzan su máximo desarrollo al terminal el día, alrededor de las 18:00 horas. Comportamiento que tiene su respuesta en la hormona melatonina, la cual comienza a secretar de forma tardía, incluso después de varias horas de cesar la inhibición lumínica del núcleo supraquiasmático (NSQ). Provocando un retraso en la hora de levantarse (10 a 12:00 am) y por lo mismo de acostarse. Con respecto al cuestionario, esta tipología logra el 16,29% de un total de 92 personas encuestadas. Lo que tiene estrecha relación con los años de trabajo y el horario laboral. Resultando personas que poseen un bajo factor de acostumbramiento, pues el tiempo que llevan ejerciendo esa labor va desde los 2 meses a los 2 años, además de un tipo de jornada laboral eficiente, que proporciona la universidad, denominado "horario de permanencia", donde cada oficinista puede escoger su hora de entrada y salida con el requisito de cumplir 8 horas de trabajo.

- **Intermedio:** Cronotipo adaptable tanto para madrugar como para trasnochar. Si bien la secreción de la melatonina alcanza un punto medio entre los otros cronotipos circadianos, es fundamentalmente diurno y lo alcanza el 51,08% del universo a encuestar.

- **Matutino:** La hormona melatonina, en este caso, es segregada de manera muy rápida, ya que el impulso luminoso activa de manera inmediata el estado de alerta, dejando que las funciones cognitivas superiores empiecen a funcionar a muy tempranas horas, es por esto que la mañana es la etapa más productiva para este tipo de personas, que madrugan sin dificultades y por lo tanto necesitan descansar temprano.

En relación a la encuesta, el 32,63% de los oficinistas se siente identificado en este rango, ya sea porque los años de trabajo pueden variar desde los 3 a los 45 años de servicio y su factor de acostumbramiento es altísimo, como también por el horario institucional que posee la universidad

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

que empieza desde las 8:10 a 12:30 en la mañana y sigue desde las 14:10 a 18:13 horas por la tarde, jornada laboral eficiente para este cronotipo. Estas tres tipologías circadianas o cronotipos trabajan en función de lo que tardamos en generar la melatonina, hormona inductora del sueño, después de la estimulación de la glándula pineal (la ausencia de luz).

3.5 Estudio del impacto en el diseño arquitectónico.

La variable de diseño arquitectónico está ligada a las condiciones de iluminación existentes en el puesto de trabajo, en relación a la mirada de cada oficinista, evaluando desde criterios físicos del entorno hasta sintomatologías que pueden estar presentes en cada persona.

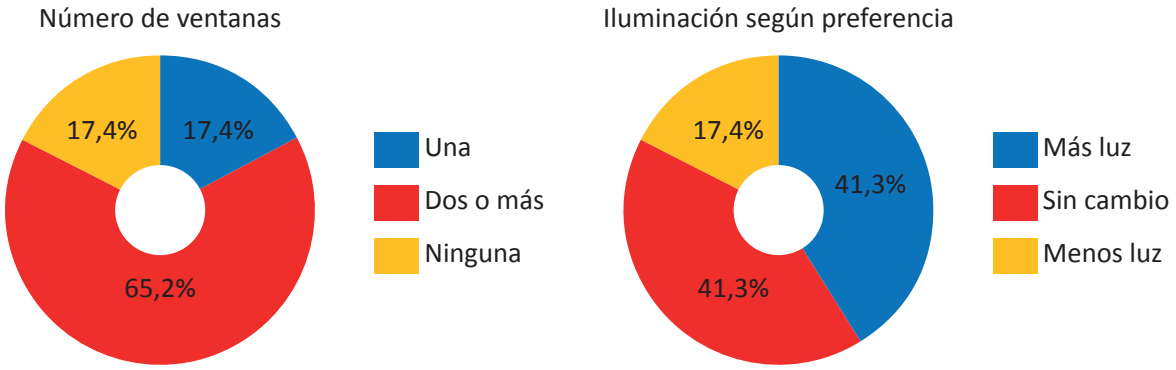


Figura 3.8: Gráficos porcentuales de Encuesta Administrativos UBB, Parte 2, pregunta 1 y 4. Fuente: Elaboración propia.

Si bien el 65,2% de los oficinistas dice estar en un espacio donde existen dos o más ventanas, no se especifica qué tipo de luz es, ya sea natural o artificial, resultado que va en concordancia con la pregunta número 4, donde en igualdad de porcentajes las personas prefieren tener más luz (41,3%) en su espacio de trabajo o simplemente no cambiarla.

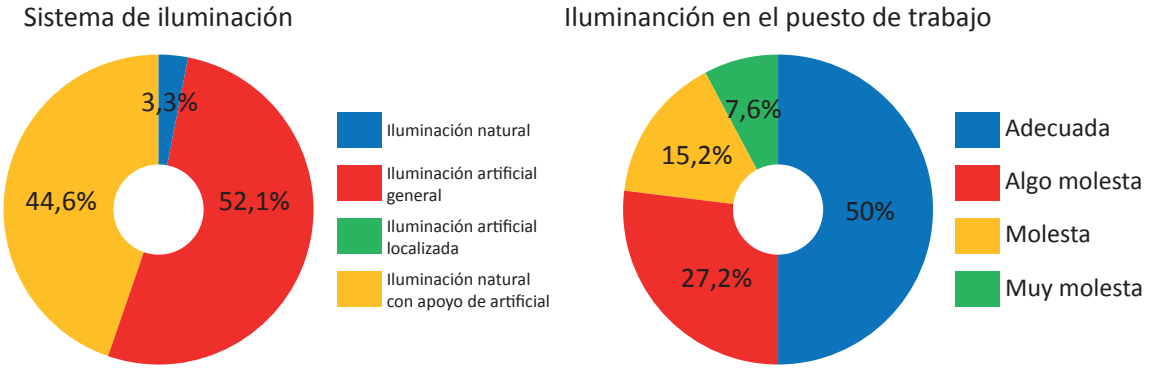


Figura 3.9: Gráficos porcentuales de Encuesta Administrativos UBB, Parte 2, pregunta 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Con respecto a los sistemas de iluminación el 52,1% de los encuestados afirma tener solo iluminación artificial general en su puesto de trabajo; al cruzar esta información con la pregunta número 3, tenemos como resultado que el 50% cree que la iluminación de su entorno laboral es adecuada y el otro 50% de los encuestados cree que la iluminación en sus puestos de trabajo es algo molesta, molesta o muy molesta, datos que tienen coherencia al complementar esta información con variables como el factor de acostumbramiento de los administrativos, la percepción de iluminación suficiente en los puestos de trabajo , el estado de las luminarias de los recintos y su bajo o nulo mantenimiento, que correspondería a un déficit perceptuales en la iluminación.

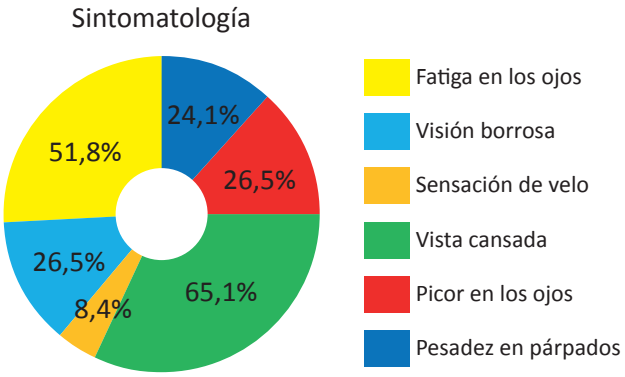


Figura 3.10: Gráficos porcentuales de Encuesta Administrativos UBB, Parte 2, pregunta 5. Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.11: Gráficos porcentuales de Encuesta Administrativos UBB, Parte 2, pregunta 6. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tanto la pregunta anterior como esta (5 y 6) son de selección múltiple, por lo que los oficinistas pueden responder afirmando cada una de las alternativas o simplemente dejándolas en blanco, todo depende del criterio y percepción de cada persona. El 45% (36 personas) está de acuerdo con afirmar que en su puesto de trabajo hay muy poca luz natural, dato que se confirma con la pregunta número 2, donde el 52,1% dice trabajar en un ambiente con iluminación artificial general.

El 32,5% (26 personas) afirma que las luces producen brillos o reflejos en algunos elementos de su puesto de trabajo, el 26,3% (21 personas) dice que al mirar las luminarias siente molestias y el 18,8% (15 personas) indica que en alguna superficies del puesto de trabajo hay reflejos, sentencias que dan a lugar en la mayoría de los departamentos encuestados, ya que poseen superficies brillantes tanto en el mobiliario como el suelo, lo que ayuda a que exista este tipo de molestias. En este caso se podría estudiar la posibilidad de cambiar las superficies de la tarea por otras de aspecto mate, reorientar los puestos de trabajo de forma que la luz llegue de manera lateral y ocupar pantallas de visualización antirreflejos.

El 31,3% (25 personas) siente que tiene que forzar la vista para poder realizar su trabajo, lo que puede tener respuesta en un desequilibrio en la luminaria, aspecto que se puede modificar al instalar luminarias adicionales para obtener un nivel de iluminación más uniforme.

A continuación, se reduce la muestra para lograr un análisis más profundo, donde se medirá la iluminancia de cada puesto de trabajo, en conjunto con la luminaria y su temperatura de color, datos que se evaluaran por medio de la calculadora circadiana para estimar el porcentaje de estímulo circadiano que tienen los oficinistas en estas condiciones, situación actual que posteriormente se utilizará como caso base para producir mejoras en estos recintos.

3.6 Oficina tipo.

Dentro del edificio de administración de la universidad, se escoge el departamento de Recursos Humanos; espacio físico que alberga cuatro oficinas compuestas por siete puestos de trabajo. La elección de este caso, se rige netamente por la existencia de tres tipologías de oficina: aporte indirecto, dos o más aportes indirectos y nulo aporte; características que se describen a continuación:

- Aporte indirecto: Oficina con un aporte indirecto de luz, en este caso el aporte directo de luz natural y/o artificial pasa por otro espacio de oficina o un pasillo antes de llegar al plano de trabajo.

- Dos o más aportes indirectos: Oficina con dos o más aportes indirectos de luz; ya sea natural,

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

artificial o una combinación de ambas. Al igual que el caso anterior el aporte lumínico pasa por otro espacio antes de llegar al plano de trabajo.

- Aporte nulo: Oficina con nulo aporte de luz, circunstancias donde el plano de trabajo no recibe ningún tipo de aporte lumínico, aunque el espacio de oficina tenga ventanas o paños vidriados que permitan algún flujo luminoso, estos se encuentran mal situados o tapados.

3.6.1 Planimetría.

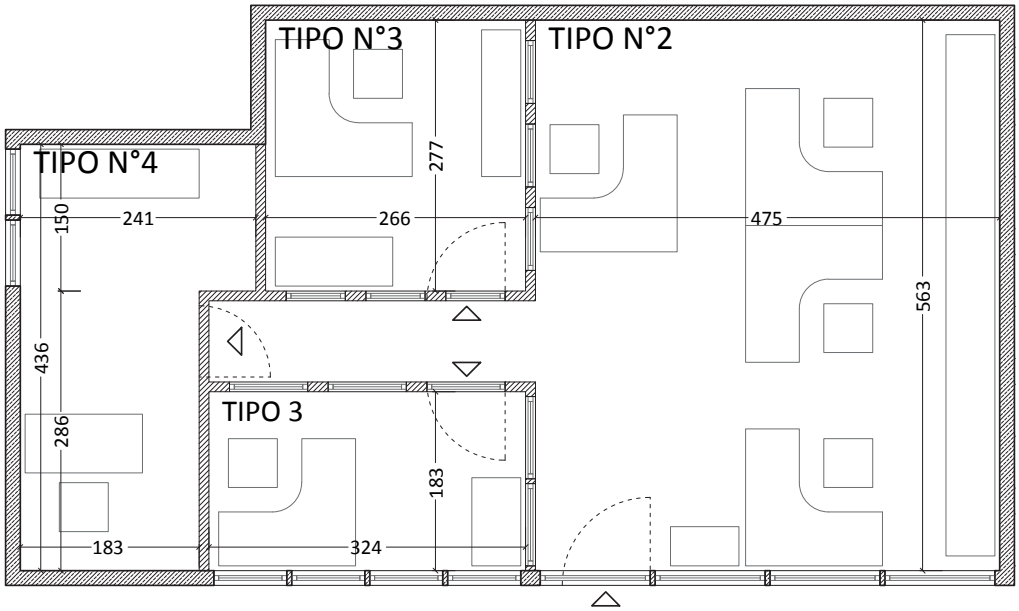


Figura 3.12: Planta de arquitectura, Departamento de Recursos Humanos. Fuente: Elaboración propia.

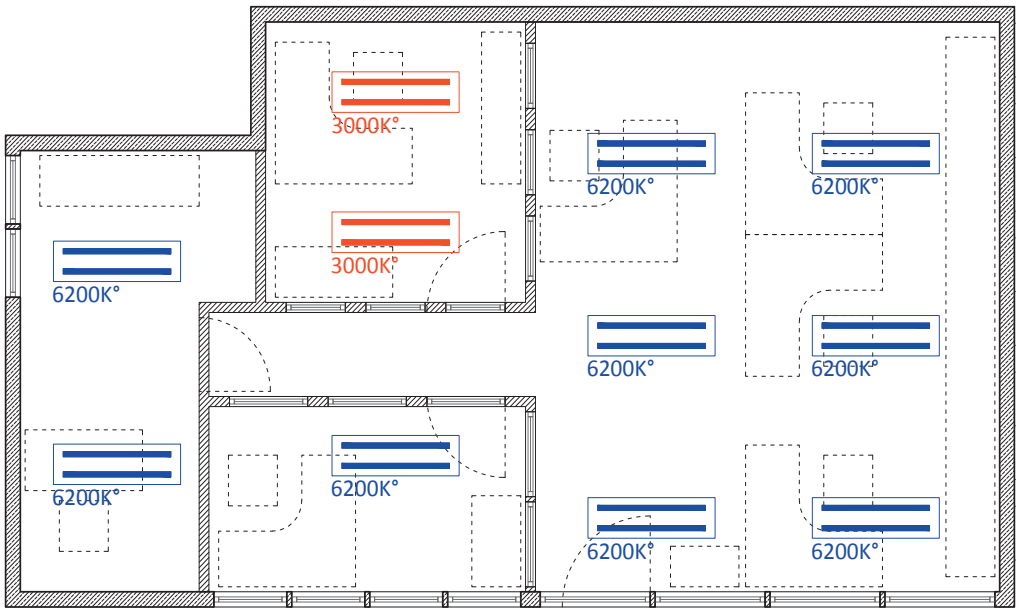


Figura 3.13: Plano de iluminación, Departamento de Recursos Humanos. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

3.6.2 Medición de iluminancia.

Las mediciones de iluminancia en el plano de trabajo permiten verificar la luz disponible real (lux) para posteriormente poder calibrar el modelo de simulación dinámica de estudio de la luz que se realizará a través del software DIALux 4.12. Para esto se utiliza el luxómetro de Konica Minolta T-10A/T-10MA, instrumento que se ubicó en cada superficie de trabajo, midiendo las fuentes de iluminación existentes.

Departamento de Recursos humanos, Tipo N°2: Luz indirecta natural y/o artificial.

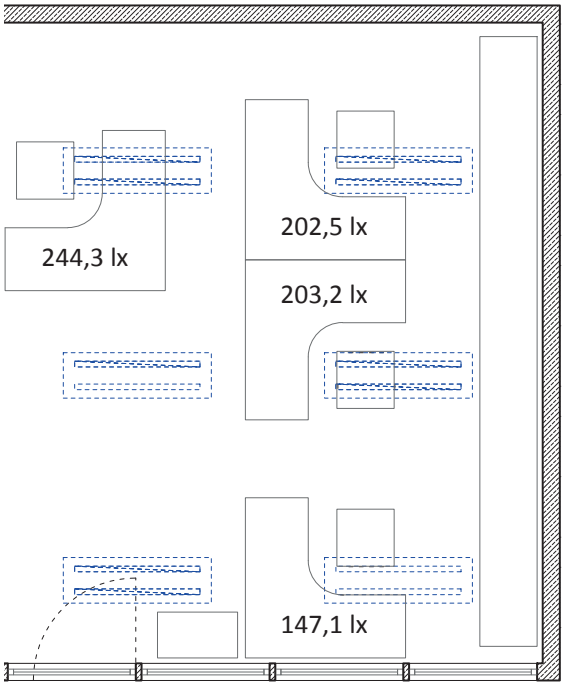


Figura 3.14: Superficie de trabajo con sus respectivos luxes en oficina tipo N°2. 3.6.1 Fuente: Elaboración propia.

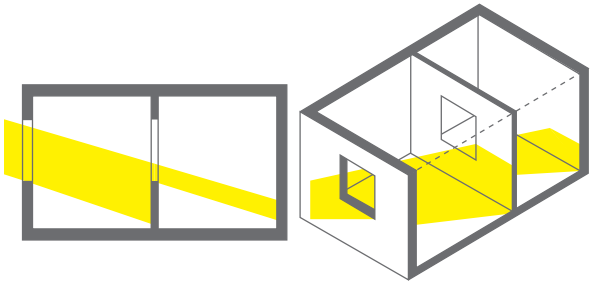


Figura 3.15: Esquema tipología de oficina N°2. Luxómetro en el plano de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.16: Imágenes Departamento Recursos Humanos, Oficina Tipo N°2. Fuente: Elab. propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Departamento de Recursos humanos, Tipo N°3: Dos o más aportes de luz indirecta natural y/o artificial.

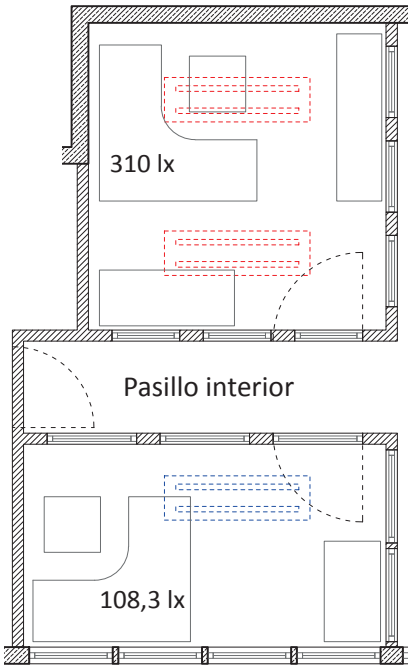


Figura 3.17: Superficie de trabajo con sus respectivos luxes en oficina tipo N°3.
Fuente: Elaboración propia.

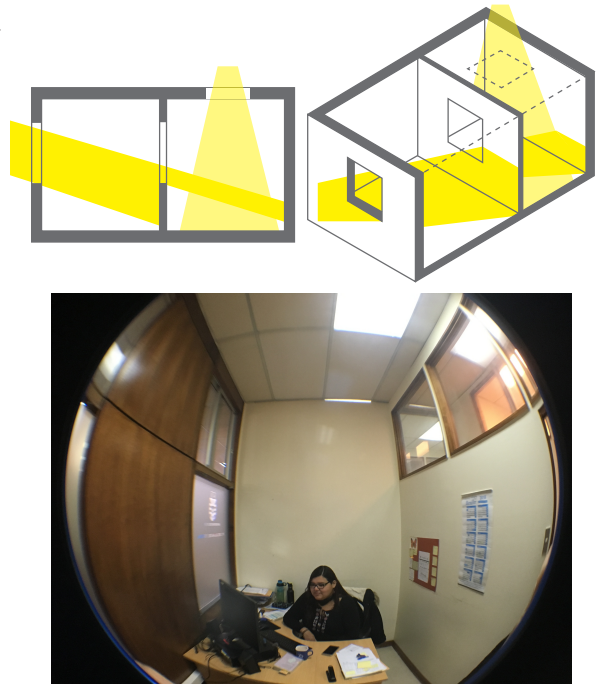


Figura 3.18: Esquema tipología de oficina N°3. Imágen Departamento Recursos Humanos.
Fuente: Elaboración propia.

Departamento de Recursos humanos, Tipo N°4: Sin luz natural.

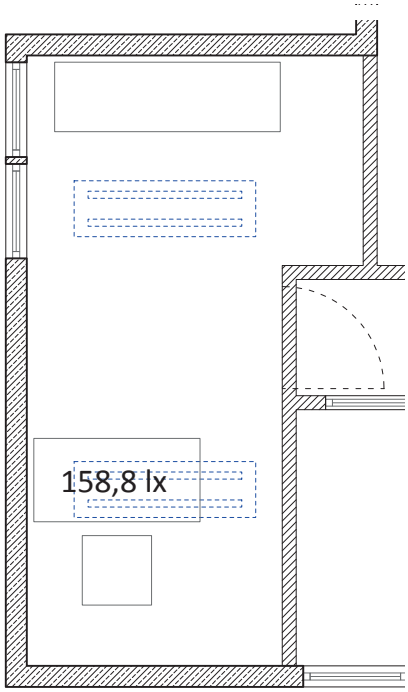


Figura 3.19: Superficie de trabajo con sus respectivos luxes en oficina tipo N°4.
Fuente: Elaboración propia.

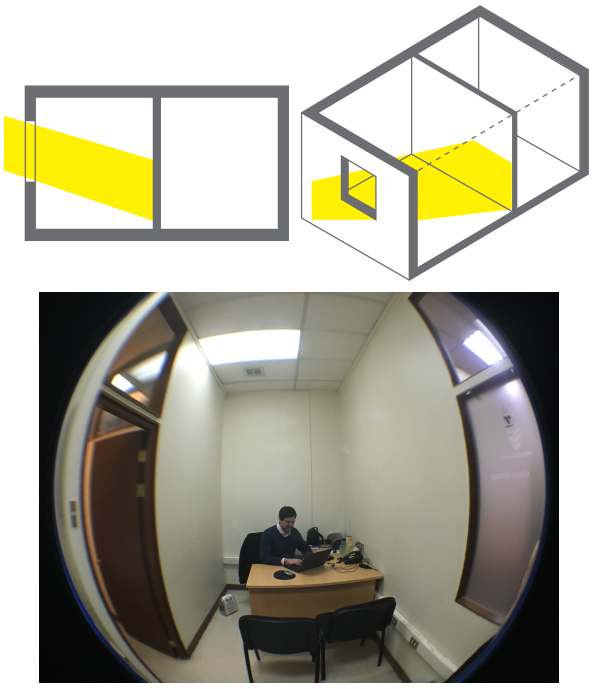


Figura 3.20: Esquema tipología de oficina N°4. Imágen Departamento Recursos Humanos.
Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 3.3 Iluminancia de cada plano de trabajo en relación a la temperatura de color de cada fuente de luz. Fuente: Elaboración propia.

Tipología de oficina	Plano de trabajo	Temperatura de color (CCT)	Iluminancia (luxómetro)
Tipo N°2	1	6200K (DW)	244,3 lx
	2	6200K (DW)	202,5 lx
	3	6200K (DW)	203,2 lx
	4	6200K (DW)	147,1 lx
Tipo N°3	5	3000K (WW)	310,0 lx
	6	6200K (DW)	108,3 lx
Tipo N°4	7	6200K (DW)	158,8 lx

Si bien los planos de trabajo que están expuestos a luminarias con una temperatura de color fría (6200K daylight white) en la mayoría de los casos logran llegar a la mitad de los lux que están establecidos por normativa (400 lux oficina), el estímulo circadiano que reciben puede llegar a ser más alto en comparación con una fuente de luz cálida (3000K warm white), debido a que está última llama al usuario a sentirse en estado de calma o reposo; al contrario de la luminaria fría, que nos impide estar somnolientos y nos permite entrar en un estado de alerta, que suprime la melatonina y nos conduce a estar más despiertos.

Se observa que en ambos casos la iluminación es constante durante todo del día, incluso en los momentos previos a almorzar o terminar la jornada laboral, evitando momentos de relajo; lo que con el transcurso del tiempo podría llegar a una disincronía circadiana; puesto que el cuerpo, no logra distinguir, si se encuentra en un estado de reposo o un estado de alerta.

3.6.3 Calculadora circadiana.

Se utiliza la calculadora circadiana de Lighting Research Center (LRC) disponible en su sitio web desde marzo de este año, donde se especifican las siguientes variables:

1.- Fuente de luz: Se seleccionan las fuentes disponibles en el lugar, ingresando datos del fabricante, temperatura de color (CCT) y tipo de luminaria. Si esta información no se tiene, es posible utilizar algunas de las fuentes disponibles que cumplan con los criterios del espacio a evaluar.

2.-Rango etario de los usuarios (densidad óptica): La retina humana no es un tejido neural uniforme y su funcionalidad varía de acuerdo a nuestra edad. La densidad más alta de fotorreceptores de cono en la retina está en el foso foveal, que se usa para tareas visuales tales como leer, enhebrar agujas e identificar objetos distantes.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

A su vez la mácula es una región circular de la retina que se extiende radialmente desde la fóvea con una densidad de conos mucho más alta que la retina periférica que está dominada por bastoncillos. Lugar dedicado al procesamiento de imágenes enfocadas, por lo tanto, para la percepción consciente humana, la mácula es particularmente importante.

En la mácula se encuentra un pigmento de exploración amarillo, la mácula lútea, que protege la retina del daño por longitudes de onda cortas. Dado que el pigmento macular filtra preferentemente longitudes de onda cortas y que los rayos más efectivos que entran en el ojo están a lo largo del eje óptico, la sensibilidad óptica de la retina central estará influenciada por la densidad óptica del pigmento macular.

Es importante destacar que los individuos difieren bastante en la densidad óptica de su pigmento macular. La densidad óptica del pigmento macular para diferentes personas puede variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de su edad; en este caso se asume una densidad óptica única de 0.5 para todos los individuos.

3.- Iluminancia disponible en la superficie de trabajo: Cantidad de flujo luminoso incidente en el área de superficie y su unidad de medida es el lux (lx).

4.- Resultados:

- Estímulo circadiano: Eficacia calculada de la irradiancia ponderada espectralmente en la córnea desde el umbral (CS = 0.1) hasta la saturación (CS = 0.7), dando un 50% como valor óptimo de estímulo circadiano.

- Luz circadiana: Irradiancia en la córnea ponderada para reflejar la sensibilidad espectral del sistema circadiano humano medida por la supresión aguda de melatonina.

Tabla 3.4 Iluminancia de cada plano de trabajo y su respectivo porcentaje de estímulo circadiano (CS). Fuente: Elaboración propia.

Tipología de oficina	Plano de trabajo	Temperatura de color (CCT)	Iluminancia (luxómetro)	Estímulo circadiano % CS
Tipo N°2	1	6200K (DW)	244,3 lx	33,2%
	2	6200K (DW)	202,5 lx	29,6%
	3	6200K (DW)	203,2 lx	29,6%
	4	6200K (DW)	147,1 lx	23,7%
Tipo N°3	5	3000K (WW)	310,0 lx	24,9%
	6	6200K (DW)	108,3 lx	18,7%
Tipo N°4	7	6200K (DW)	158,8 lx	25%

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Por los datos obtenidos en la tabla 3.4, se puede concluir que ninguno de los puestos de trabajo alcanza un porcentaje de estimulación circadiana adecuada (50%), ya que varía entre los 18.7% (mínimo) y los 33.2% (máximo). Aunque en la mayoría de los escritorios existe una temperatura de color adecuada, la iluminancia que poseen es característica de un pasillo (200 - 100 lx) y no de una oficina (500 - 400 lx); valores que se encuentran estandarizados tanto en la norma nacional NCH 4/2003, como internacional UNE.

Además el tipo de fuente de luz (fluorescente) utilizada no es el más recomendado para estos espacios, y su factor de mantenimiento es bastante bajo, lo que provoca que en sí, sea una luminaria deficiente. Al mismo tiempo hay que tener en consideración que en este caso se privilegió la instalación del cielo americano por sobre el diseño de iluminación, lo que provoca una discrepancia entre los planos de trabajo y la luminaria, variables que en suma, logran un estímulo circadiano deficiente.

Si bien el mayor estímulo circadiano que se obtiene es de 33.2% con 244.3 lx, la relevancia de esto trasciende en la temperatura de color de esta fuente, 6200K (Daylight white), al compararlo con la única oficina cálida de 3000k (Warm white) que logra un estímulo circadiano del 24.9% con 310 lx.

Del mismo modo si ocupamos los 310 lx en una fuente de luz con una temperatura de color fría (6200K) da un porcentaje de estímulo circadiano de 37.9%, es decir un 13% más solo al cambiar el color de la luz, utilizando la misma fuente. Por esta razón, tener una mayor cantidad de iluminancia (lux) no es proporcional a un mayor estímulo circadiano, ya que una de las variables más importantes al momento de evaluar una fuente de luz es el color que esta posee.

Una baja estimulación causada por condiciones inapropiadas provoca una disincronía circadiana (DS) lo que afecta principalmente a la salud de los usuarios, empezando con pequeños indicios como una disminución en la concentración, tensión y fatiga ocular, efectos negativos en las emociones, que luego, con el transcurso del tiempo, se van acentuando en sintomatologías crónicas, aumentando el riesgo de accidentes laborales y reduciendo la productividad.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Capítulo IV: Evaluación y propuestas de mejoramiento en oficina tipo.

Se simula digitalmente el caso base en el software para iluminación artificial DIALux 4.12, previamente calibrado con los valores que arrojó el luxómetro; donde, se modifica el factor de mantenimiento de los diferentes recintos (0.67), ya que al observar la luminaria, esta presenta algunas fallas debido al paso del tiempo, como: reflectores sucios, mala reproducción cromática y parpadeo.

Tabla 4.1 Iluminancia de cada plano de trabajo medida por luxómetro y simulada por DIALux 4.12 en relación a la temperatura de color de cada fuente de luz. Fuente: Elaboración propia.

Tipología de oficina	Plano de trabajo	Temperatura de color	Iluminancia (Luxómetro)	Iluminancia (DIALux 4.12)	Estímulo circadiano % CS
Tipo N°2	1	6200K (DW)	244,3 lx	247 lx	33,2%
	2	6200K (DW)	202,5 lx	204 lx	29,6%
	3	6200K (DW)	203,2 lx	209 lx	29,6%
	4	6200K (DW)	147,1 lx	148 lx	23,7%
Tipo N°3	5	3000K (WW)	310,0 lx	311 lx	24,9%
	6	6200K (DW)	108,3 lx	108 lx	18,7%
Tipo N°4	7	6200K (DW)	158,8 lx	159 lx	25%

4.1 Situación actual.

Departamento de Recursos humanos, Tipo N°2: Luz indirecta natural y/o artifical. CCT: 6200K.

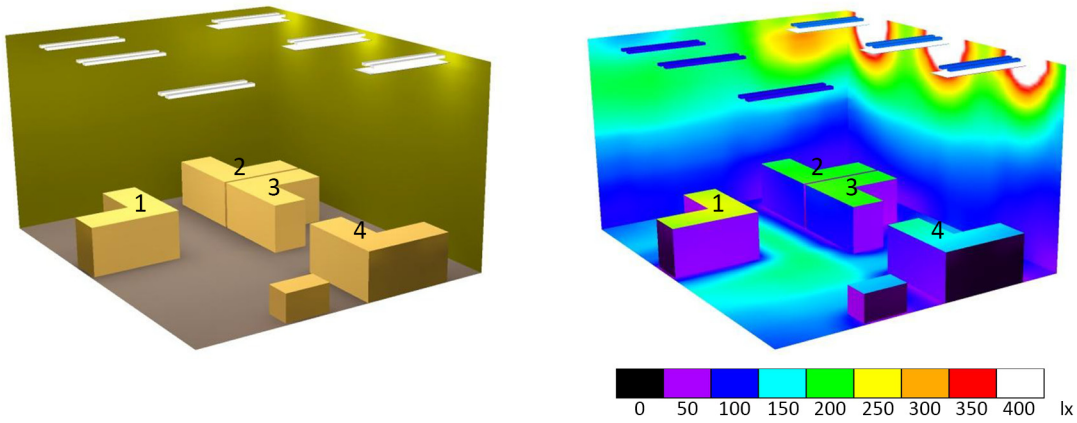


Figura 4.1: Visualización de iluminancia en oficina tipo N°2. CCT: 6200K. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.2 Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°2, resultado simulación DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

Plano útil (h= 0,75 mts.)	Iluminancia recinto			Uniformidad
	E_m (lx)	E_{min} (lx)	$E_{máx}$ (lx)	E_{min}/E_m (lx)
	195	121	259	0,623

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 4.3 Iluminancia y deslumbramiento en el plano de trabajo. Oficina tipo N°2, resultados simulación DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

Plano de trabajo (h= 0,75 mts.)	Tipo	Iluminancia media (lx)	UGR	
			Mínimo	Máximo
1	Perpendicular	247	16	19
2	Perpendicular	204	16	20
3	Perpendicular	209	14	18
4	Perpendicular	148	<10	15

Al calcular los valores para iluminancia media se presenta un déficit considerando los rangos establecidos por las normas estudiadas en relación 1:2 (entre 200-247 lx versus 500 lx), esto influye en diferencias entre las iluminancias en áreas generales (195 lx) y áreas localizadas (entre 148 lx a 247 lx).

Este delta de iluminancia no impide que el local mantenga una homogeneidad aceptable normativamente (sobre el 60%); sin embargo, los valores en cada puesto de trabajo difieren considerablemente; debido a la discordancia entre los puestos de trabajo y la posición de los equipos de iluminación, afectando sobre todo a los escritorios que se encuentran en los extremos.

Departamento de Recursos humanos, Tipo 3: Dos o más aportes de luz indirecta natural y/o artifical. CCT: 3000K.

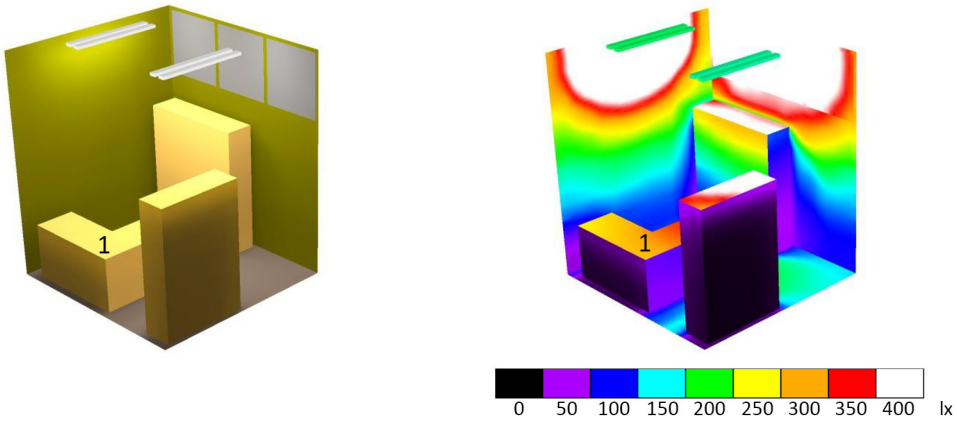


Figura 4.2: Visualización de iluminancia en oficina tipo N°3. CCT: 3000K. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4 Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°3, resultado simulación DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

Plano útil (h= 0,75 mts.)	Iluminancia recinto			Uniformidad
	E_m (lx)	E_{min} (lx)	$E_{máx}$ (lx)	E_{min}/E_m (lx)
	283	47	360	0,165

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 4.5 Iluminancia y deslumbramiento en el plano de trabajo. Oficina tipo N°3, resultado simulación DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

Plano de trabajo (h= 0,75 mts.)	Tipo	Iluminancia media (lx)	UGR	
			Mínimo	Máximo
1	Perpendicular	311	<10	-

Este local presenta equipos de iluminación con temperatura 3000°K; los puntos de iluminación respecto a la superficie que presenta este espacio hacen que la relación de iluminancia media sea mejor que el resto. La iluminancia media localizada en el puesto de trabajo es de 311 lx, mientras que la general es de 283 lx; independiente que se presenten niveles más altos que el resto de los locales, aún estos son inferiores a los normativos (un 60% menos que lo exigido normativamente). Por características del equipo de iluminación (luminaria de luz cálida y 3250 lm) se generan puntos de mayor iluminación que otros dentro del ambiente físico, dando una homogeneidad del 16% (la normativa europea exige un 60%).

Departamento de Recursos humanos, Tipo 3: Dos o más aportes de luz indirecta natural y/o artifical. CCT: 6200K.

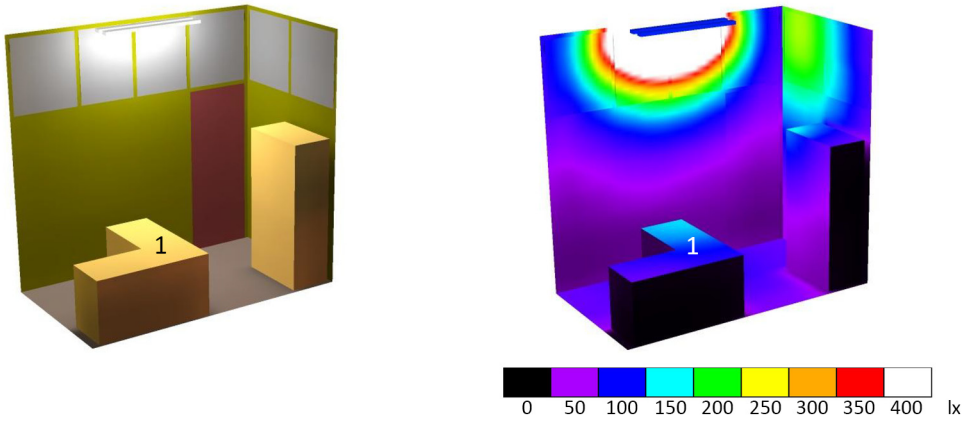


Figura 4.3: Visualización de iluminancia en oficina tipo N°3. CCT: 6200K. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.6 Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°3, resultado simulación DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

Plano útil (h= 0,75 mts.)	Iluminancia recinto			Uniformidad
	E_m (lx)	E_{min} (lx)	$E_{máx}$ (lx)	E_{min}/E_m (lx)
	117	15	157	0,129

Tabla 4.7 Iluminancia y deslumbramiento en el plano de trabajo. Oficina tipo N°3, resultado simulación DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

Plano de trabajo (h= 0,75 mts.)	Tipo	Iluminancia media (lx)	UGR	
			Mínimo	Máximo
1	Perpendicular	108	<10	-

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Este local difiere del anterior (de la misma tipología) al tener un solo equipo de iluminación con temperatura de 6200°K. La iluminancia media localizada en el puesto de trabajo es de 108 lx (1/5 de lo exigido normativamente) y la iluminancia media general es de 117 lx. La diferencia entre la relación de zona general y localizada se debe primeramente por la asimetría en el espacio del único punto de iluminación existente, lo cual también afecta a la homogeneidad del local (actualmente en un 12%).

Departamento de Recursos humanos, Tipo 4: Sin luz natural. CCT: 6200K.

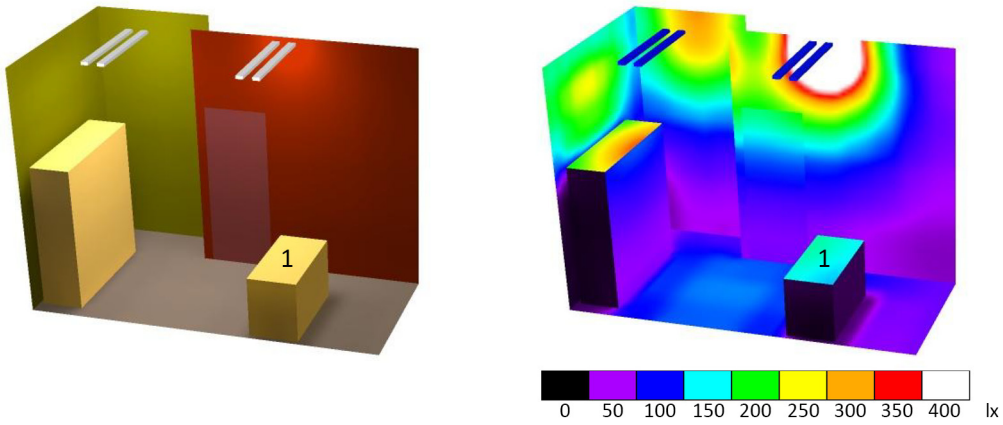


Figura 4.4: Visualización de iluminancia en oficina tipo N°4. CCT: 6200K.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.8 Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°4, resultado simulación DIALux 4.12.
Fuente: Elaboración propia.

Plano útil (h= 0,75 mts.)	Iluminancia recinto			Uniformidad
	E_m (lx)	E_{min} (lx)	$E_{máx}$ (lx)	E_{min}/E_m (lx)
	151	31	196	0,207

Tabla 4.9 Iluminancia y deslumbramiento en el plano de trabajo. Oficina tipo N°4, resultado simulación DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

Plano de trabajo (h= 0,75 mts.)	Tipo	Iluminancia media (lx)	UGR	
			Mínimo	Máximo
1	Perpendicular	159	<10	-

El local presenta un espacio asimétrico donde la posición de los puntos de iluminación respecto a los puestos de trabajo no coinciden totalmente, esto hace que los valores de iluminancia media general y localizada se encuentren muy próximos (el primero con 151 lx y el segundo con 159 lx), arrojando una homogeneidad en torno al 20% y un UGR 13 (dada más por la altura del local que por las características del equipo de iluminación).

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

4.2 Luz circadiana en el período de trabajo.

La iluminación de una oficina, independiente de su tamaño o a la tipología que pertenezca; puede lograr una influencia positiva sobre la satisfacción, la productividad y la concentración de los oficinistas, mejorando la visibilidad y minimizando los riesgos de accidentes, situación que se encuentra estrechamente ligada a un mejor estado de salud, ya que se reduce el estrés.

Si bien el diseño de iluminación es adaptable con respecto a la tarea a realizar, en este caso se trata de puestos de trabajo con labores similares, frente a un ordenador, cumpliendo un horario de trabajo de 8:10 a 12:30 durante la mañana y de 2:10 a 6:13 por la tarde, donde la iluminación debería sincronizarse con la luz diurna al empezar la jornada activando nuestro ciclo circadiano; para luego, a mitad del día cambiar el color de la luz a un tono más cálido con el fin de conseguir una leve relajación al momento de almorzar. Volviendo de la colación, un suave y progresivo cambio del color de la luz hacia los tonos fríos, contrarresta el efecto de relajación y permite volver a entrar en un estado de alerta, manteniendo la productividad hacia el final de la jornada, donde el color de la luz vuelve a cambiar a tonos cálidos -como pasa a la hora de comer- donde se necesita entrar en un estado de descanso -un aviso a nuestro organismo- de que el día laboralmente ha terminado.

Aunque el espacio de oficina tiene mayor importancia al momento de trabajar, las áreas circundantes, como: salas de estar, comedores y pasillos, también tienen importancia ya que actúan como antesalas del estímulo circadiano y tienen que estar iluminados acentuando esta condición. Por esta razón no solo debemos preocuparnos del lugar en el que trabajamos, sino también de nuestro entorno más próximo, una desarmonía entre estos espacios, puede provocar una incompatibilidad en las temperaturas de color de las luminarias, lo que desestabilizaría nuestra estimulación circadiana, desordenando nuestro organismo, fatigándonos visualmente.

Estar en un espacio de trabajo donde todas las variables como la temperatura de color, la iluminancia, el factor de mantenimiento, los elementos del ambiente, la fuente de luz, entre otros; están en concordancia hacia una estimulación circadiana eficiente, requiere que el espacio donde nos movemos también siga este lineamiento, para que al momento de tomar un descanso, o volver al área de trabajo, no sea un cambio brusco sino que este se produzca paulatinamente. Por esta razón es bueno entender que las zonas de relajo como los comedores, las salas de estar, o los hall de acceso deben ser diseñados con temperaturas de color más cálidos, para incitar al usuario a un estado de relajo, bienvenida y/o tranquilidad. En comparación con los pasillos, zonas de paso, que es recomendado diseñar con luminarias de colores fríos – neutros, de manera que estimulen el tránsito por estas circulaciones, pero en un porcentaje más bajo (30%).

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

4.3 Estrategias de estimulación circadiana.

A continuación se presentan cuatro factores de gran importancia para la estimulación circadiana y las variables que cada uno presenta; considerando estas recomendaciones como base para lograr incitar la luz circadiana a nuestros lugares de trabajo.

4.3.1 Ambiente lumínico.

La cantidad de elementos del ambiente y el coeficiente de reflexión de las superficies, influyen en la distribución lumínica de un espacio; así como los reflejos que estos producirán dependiendo del acabado que tengan las superficies. Es conveniente pensar en equipar un lugar con el mobiliario necesario, evitando terminaciones muy brillantes, prefiriendo las terminaciones claras con acabados mates para cielo y muro, terminaciones oscuras con acabado mate para suelos y terminaciones con materialidades naturales como la madera para superficies de trabajo o mobiliario en acabado mate. Para esto se recomienda:

Tabla 4.10 Porcentajes de reflexión recomendados para cada superficie. Fuente: Elaboración propia.

Superficie	Recomendación DIALux 4.12 según color		Recomendación IESNA*	Recomendación LEED**
Cielo	Blanco	70 - 80%	80 – 90%	85%
Muro	Blanco	70 - 80%	50 – 70%	60%
Suelo	Gris	10 - 20%	20 – 40%	25%
Mobiliario	Madera natural clara	50 - 70%	25 – 50%	-

** IESNA: (Illuminating Engineering Society of North America) Sociedad de Ingenieros de Iluminación de Norteamérica.*
*** LEED: (sigla de Leadership in Energy & Environmental Design) Sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council).*

4.3.2 Fuente de luz.

El equipo de iluminación que se escoja debe ser eficiente en cuanto a su fotometría y las características de luminotecnia que posea; entendiendo por esto que no solo deben cumplir con las variables diseñadas y normadas para los efectos visuales de la luz, sino que también responder a este nuevo indicador que es el ciclo circadiano y la estimulación que percibimos a través de la luz. Generando un diseño donde la disposición del mobiliario y la ubicación de cada luminaria estén en concordancia a las necesidades y no por separado, haciendo prevalecer el diseño de iluminación con respecto al mobiliario o viceversa. Para esto se recomienda poner en equilibrio variables como: temperatura de color, reproducción cromática, flujo luminoso, ángulo de iluminación, eficiencia luminosa, potencia y vida útil, para no solo escoger una luminaria que cumpla con los estándares establecidos, sino que a su vez, sea eficiente y promueva un buen estímulo circadiano.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

En relación a la **temperatura de color** y su color designado existen tres tipos a considerar:

● Blanco luz diurna o blanco frío (Daylight White, DW): Los colores de luz por encima de los 5000K se clasifican como blanco luz diurna y transmiten una sensación más bien fría y azulada, comparable a la del cielo azul, el cual posee más de 20000K. El blanco luz diurna está indicado para completar la luz diurna cuando el color de la luz de la iluminación eléctrica deba resultar en una apariencia armoniosa homogénea con la luz diurna y su uso está indicado para lugares de trabajo, donde se necesita entrar en un estado de concentración y/o alerta.

● Blanco neutro (Neutral White, NW): Abarca los colores de luz entre los 4000K y los 5000K. Con este color de luz pueden iluminarse espacios en los cuales el contraste entre luz diurna y la iluminación artificial no deba ser demasiado evidente y donde, en presencia de materiales de distintos colores, no deba predominar un color de luz inequívocamente cálido o frío y su uso va para espacios de tránsito como los pasillos o hall de entrada.

● Blanco cálido (Warm White, WW): La temperatura de color blanco cálido abarca colores de la luz por debajo de los 4000K. Este color de luz se encuentra en el fuego de chimenea o la luz de velas, y se asocia a la calidez. Se recomienda su uso por ejemplo en espacios privados en los que primen el confort o los materiales de tonos cálidos, como lo son las salas de estar o comedores, lugares donde se busca estar en tranquilidad y desconexión del espacio laboral.

Con respecto a la **reproducción cromática** (RA-CRI) se entiende que sirve como criterio para la comparabilidad de la calidad del color y que tareas de iluminación exigentes requieren un índice de reproducción cromática excelente, igual o superior a 90. A modo de referencia el valor de la luz diurna es de 100.

Otro factor a considerar es el **ángulo de iluminación**, grado de apertura de una fuente de luz que indica el área a iluminar en relación a la distancia que se encuentre la luminaria. Por ejemplo al tener un equipo de iluminación suspendido con un ángulo de 270° (situación actual) este iluminará tanto el plano de trabajo como el cielo de la habitación, ahora, si se ocupa el mismo ángulo, pero con una fuente de luz empotrada en el cielo, esta perdería funcionalidad puesto que parte del haz de luz se inutilizaría.

Por esta razón para espacios de oficina que tienden a ser diseñados de manera más neutra, se recomiendan ángulos de iluminación abiertos o extraextensivos, aunque su uso dependerá mucho de cómo se ubiquen los puntos de luz en el espacio, la cantidad y la manera en que se fijan al cielo.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 4.11 Tipología ángulos de iluminación. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de ángulo	Grados del ángulo
Cerrado	>30°
Abierto	30° - 60°
Extraextensivo	<60°

A su vez la **eficacia luminosa** o rendimiento lumínico es la relación entre el **flujo luminoso** producido (lumen) y la **potencia eléctrica consumida** (watts), entendiendo que mientras más alto sea este valor, mejor será el equipo de iluminación y menos consumo tendrá. La unidad es el lumen por watt (lm/W). Y por último la **vida útil** del equipo de iluminación, cantidad de tiempo en la que este funciona sin perder sus características lumínicas y que está en estrecha relación con su factor de mantenimiento. A modo de referencia es bueno considerar las horas/día de trabajo, para poder estimar cuanto duraría la luminaria con un rendimiento del 100%.

De acuerdo a todos lo indicadores antes mencionados, a continuación se dan a conocer cuatro fuentes de luz, en primer lugar la luminaria actual que tiene el caso base (1), en segundo lugar el equipo de iluminación que la universidad usa como reemplazo de la lámpara ya instalada (2), en tercer lugar una versión mejorada de esta misma (3) y por último una fuente de luz propuesta (4); entendiendo que el mejor equipo de iluminación reune todas las caracteristicas mencionadas, formando un equilibrio entre ellas. Ver tabla 4.12.

Tabla 4.12 Comparación fuentes de luz actual y propuestas. Fuente: Elaboración propia.

	1	2	3	4
Marca	Phillips	FSL	Phillips	Trilux
Tipo de luminaria	Tubo fluosrescente T8	Tubo led T8	Tubo led T8	Led - Human Centric Lighting
Temperatura de color	6200K	6500K	6500K	2700K a 6500K
Color designado	Daylight white	Daylight white	Daylight white	Warm white a Daylight white
RA-CRI	72	70	83	80
Flujo luminoso	2500 lm	1600 lm	2500 lm	3900 a 4300 lm
Ángulo de iluminación	270°	270°	270°	70°
Eficiencia luminosa	69,44 lm/W	88,88 lm/W	156,25 lm/W	121 lm/W
Potencia	36 W	18 W	16W	30,5 W
Vida útil	13.000 horas	25.000 horas	50.000 horas	70.000 horas

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

4.3.3 Factor de mantenimiento.

Se debe lograr un alto mantenimiento para que el diseño de iluminación siempre se mantenga dentro de un margen eficiente, este factor tiene tres aristas:

- Ambiente: Vinculado a los grados de contaminación que tiene un espacio físico (gases, polvo, humedad, temperatura, corriente) y la periodicidad de mantenimiento (limpieza) que este posee, lo que ayuda a definir la luminaria necesaria para el espacio en cuestión.

- Luminaria: Relacionado a los grados de protección (IP) de una luminaria, donde, se recomienda un IP20 para luminarias de uso general en interiores y al índice de protección (IK) relacionado con equipos de iluminación exteriores, puesto que indica la resistencia de una luminaria contra impactos mecánicos nocivos, sugiriendo un índice IK mínimo de IK08, lo que significa un impacto de 1.7Kg desde una altura de 200mm.

- Equipo computacional: Si el diseño de iluminación lo requiere, se necesita un sistema de control, donde los drivers y el especialista trabajen en sintonía de manera periódica, para que este mantenga un rango de eficiencia en el transcurso del tiempo.

Para evidenciar la importancia del factor de mantenimiento se realiza una simulación computacional con los cuatro valores que dicta el software DIALux 4.12, donde se utiliza la luminaria correspondiente a la situación actual del caso de estudio (Tubo fluorescente T8 Phillips 6200K), con las mismas condiciones físicas: superficies de cielo, muro, suelo y altura, considerando un espacio cubico de 3.1 x 3.1 x 3.1 metros, con una superficie de 9.61 m2.

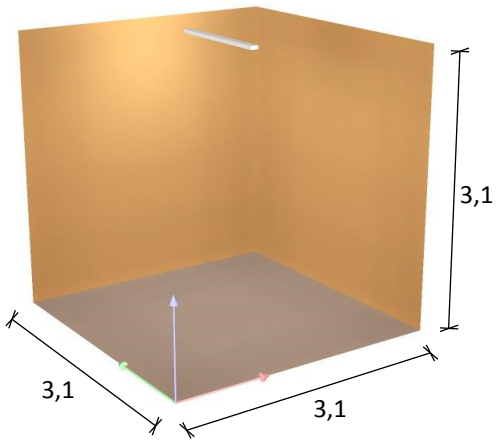
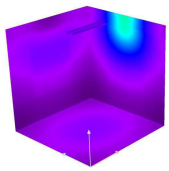
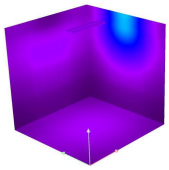
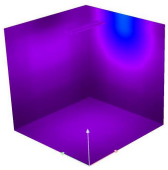
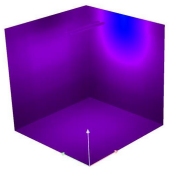


Figura 4.5: Render DIALux 4.12 de oficina simulación para factor de mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Con respecto a lo anterior, los resultados son los siguientes, (ver tabla 4.13):

Tabla 4.13 Comparación de degradación del factor de mantenimiento en oficina simulación. Fuente: Elaboración propia.

Factor de mantenimiento según DIALux 4.12	0,8	0,67	0,57	0,5
Descripción	Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual.	Local limpio, ciclo de mantenimiento de 3 años.	Instalación exterior, ciclo de mantenimiento de 3 años.	Instalación interior o exterior, alta contaminación.
Render fase color				
Iluminancia media (lux)	90 lx	76 lx	64 lx	57 lx
Uniformidad	0,61	0,61	0,61	0,61
Eficiencia energetica cada 100 lux (W/ m2/100lx)	4,14	4,94	5,81	6,33
Porcentaje de rendimiento	100%	84,4%	71,1%	63,3%

4.3.4 Horario de trabajo.

Factor fundamental al momento de automatizar la temperatura de color y la intensidad de la luminaria, ya que este nos dicta que momentos son los adecuados para cambiar paulatinamente de colores fríos a cálidos, produciendo de manera natural etapas de producción y descanso dentro de la jornada laboral. Este proceso se hace por medio de un equipo computacional que estará programado en sincronía a los tiempos de llegada, recreo y salida de los ocupantes.

Durante el transcurso del día, las situaciones lumínicas suceden de forma fluida en una medida perceptible. Desde la salida del sol, pasando por el sol de mediodía hasta el crepúsculo, donde, no solo varia la luminosidad y la dirección de la luz, sino también el color de la luz y la proporción entre la luz difusa y la dirigida; utilizar un sistema de control que permita poder reflejar estas condiciones dentro de un espacio de trabajo y sus antesalas, ayuda a conservar la salud de las personas, aumentando el rendimiento cognitivo, el bienestar y la emocionalidad.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tomando en cuenta lo anterior, es posible estimular el ciclo circadiano considerando los siguientes puntos:

1.- Ambiente lumínico, reflectancia de las superficies, altura y disposición del mobiliario.

2.- Fuente de luz, equipo de iluminación que ponga en equilibrio variables como: temperatura de color, reproducción cromática, flujo luminoso, ángulo de iluminación, eficiencia luminosa, potencia y vida útil.

3.- Factor de mantenimiento, considerar un alto factor para que el diseño de iluminación siempre mantenga un rango optimo de eficiencia.

4.- Horario de trabajo, incluir un equipo computacional que logré sincronizar los tiempos de producción y descanso, en conjunto con la jornada laboral.

4.4 Propuesta de mejoramiento.

Se exponen las características de la situación actual del caso de estudio, a modo de referencia para las propuestas de mejoramiento, utilizando un cuadro resumen de los cuatro factores que se expusieron anteriormente como estrategias de estimulación circadiana.

Tabla 4.14 Factores de estimulación circadiana en Situación actual. Fuente: Elaboración propia.

SITUACIÓN ACTUAL:		
	Ambiente lumínico:	● Altura luminaria: 3,10 mts. ● Reflectancia Cielo - Suelo: 75% - 75% ● Reflectancia Muro - Superficie de trabajo: 80% - 50%
	Fuente de luz:	Tubo fluosrescente T8 - Phillips 6200K / 2500lm / 36W
	Factor de mantenimiento:	0,67: Local limpio, ciclo de mantenimiento de 3 años.
	Horario de trabajo:	8:10 a 12:30 / 14:10 a 18:13 horas

Las propuestas de mejoramientos para todos los casos, toman cuatro variables: ambiente lumínico, fuente de luz, factor de mantenimiento y horario de trabajo. Como estrategia general, los equipos de iluminación, independiente de su altura, están equidistantes y centrados en cada recinto; como manera de responder al uso y flexibilidad que se les ha dado durante el tiempo a estos espacios. Con esto, las propuestas se analizarán tanto para los resultados generales como individuales de cada puesto de trabajo. Otras variables como factor de mantenimiento y horarios de trabajo se mantendrán constantes en las 3 propuestas, estableciendo un valor de 0.8 y un sistema de control computarizado para la iluminación donde se establecerá una secuencia para estimulación circadiana, tomando como base el horario de trabajo de 8:10 a 12:30hrs y de 14:10 a 18:13 horas.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

4.4.1 Propuesta 1.

Se consideran cambios respecto a la situación actual, modificando las variables lumínicas. La estrategia principal para este caso es cambiar la fuente de iluminación, considerando un equipo LED empotrado marca Trilux, modelo Belviso al cielo americano existente. La altura de estos equipos respeta la condición actual de la variable de ambiente lumínico: un plano de luminarias a 3,10 mts. respecto del suelo y reflectancias de las superficies del recinto iguales a su condición actual.

Para las variables de factor de mantenimiento, se establece un coeficiente de 0.8, que servirá para identificar al recinto en el programa de simulación DIALux 4.12 como un local muy limpio bajo tiempo de utilización anual. Además, para la variable horario de trabajo se estima la utilización de un sistema de control computarizado DALI para establecer secuencias de estímulo circadiano, tomando como base el horario de trabajo normalizado en la institución.

Este sistema de control se encargará de cambiar paulatinamente la temperatura de color desde los 6500K para los momentos de ingreso a la jornada laboral (8:10 horas), como al regreso del descanso (14:10 horas) variando su temperatura a cálida 2700°K, una hora antes del descanso (11:30 a 12:30 horas) y una hora antes del término de la jornada laboral (15:13 a 18:13 horas). Como complemento al sistema de control DALI, se utilizará un sistema de control individual de la luminaria, llamado White White Control, que permite modificar la temperatura de color y la intensidad de la iluminación si esta llegase a ser molesta perceptualmente.

Tabla 4.15 Factores de estimulación circadiana en Propuesta 1. Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA 1:		
	Ambiente lumínico:	● Altura espacio oficina: 3,10 mts. ● Reflectancia Cielo - Suelo: 75% - 75% ● Reflectancia Muro - Superficie de trabajo: 80% - 50%
	Fuente de luz:	Led - Human Centric Lighting - Trilux (empotrado) modelo BELVISO 2700K a 6500K / 3900lm a 4300lm / 30,5W ● Altura luminaria: 3,10 mts.
	Factor de mantenimiento:	0,80: Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual.
	Horario de trabajo:	8:10 a 12:30 / 14:10 a 18:13 horas con sistema de control DALI.

Tipología N°2: Para este recinto se logra una iluminancia media general de 449 lx tomando un equipo de iluminación LED de 6500K y 407 lx al variarla a 2700K, ambas con una uniformidad sobre el 40%.

Al analizar la superficie de trabajo los valores rondan entre 448 lx a 518 lx dependiendo de la posición perpendicular respecto a la luminaria; el UGR máximo de lo analizado no supera los 17, tomando como referencia que la distancia entre el plano de análisis y la luminaria es de 1,90 m aproximadamente. La eficiencia energética de esta propuesta para este recinto es de 6,54 W/m².

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Para el estímulo circadiano (SC), los valores anteriormente dados se traducen en porcentajes entre el 43,4% y el 46% de SC para temperaturas frías de 6500K; al variar la temperatura a 2700°K el estímulo circadiano baja, entre un 33,6% a 36,4% de SC.

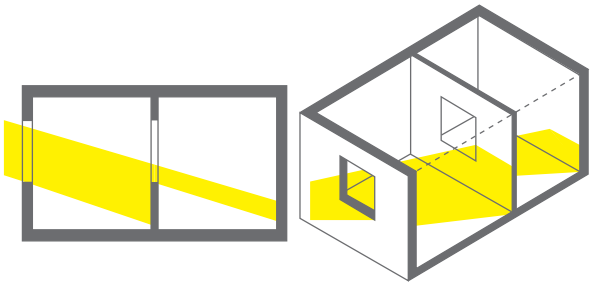


Figura 4.6: Esquema de tipología oficina N°2, aporte de luz indirecta artificial. Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16 Propuesta N°1:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°2, resultado DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

RECINTO (plano útil = 0,75 mts.)				
6500K		2700K		Eficiencia energética W/m²
Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	
449	0,44	407	0,44	6,54

Tabla 4.17 Propuesta N°1: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°2, resultados DIALux 4.12 y calculadora circadiana. Fuente: Elaboración propia.

PLANO DE TRABAJO (h= 0,75 mts.)								
Escritorio	6500K				2700K			
	Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR		Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR	
			Min	Máx			Min	Máx
1	448	43,4	14	16	407	33,6	14	16
2	518	46	13	17	470	36,4	13	17
3	485	44,8	11	15	440	35,1	11	15
4	492	45,1	<10	12	447	35,4	<10	12

Tipología 3: Esta tipología se divide en un recinto norte y un recinto sur; se considera para estos, una iluminancia media general de 479 lx y 474 lx respectivamente para una iluminación con temperatura LED de 6500K y 434 lx a 430 lx para una temperatura de 2700K; con una uniformidad entre el 50% y 60%. Los valores para la superficie de trabajo del recinto norte y sur, con equipos de iluminación con temperatura de 6500K, se establecen con 494 lx para ambos casos, a su vez el UGR es de 14 y 12 respectivamente. En cambio para la variación de temperatura de 2700K, los valores llegan a los 430 lx aproximados.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

La eficiencia energética para el recinto norte es de 11,81 W/m² y para el recinto sur es de 9,5 W/m². Esta diferencia se debe, en parte a que la cantidad de unidades de equipos de iluminación es la misma para llegar a los datos exigidos por la normativa consultada en ambos casos, pero la superficie y la morfología de los recintos es distinta.

El estímulo circadiano para esta tipología, considerando temperaturas frías de 6500K, en el recinto norte y sur es de un 45,2%; al variar la temperatura a cálida 2700°K, el SC baja a un 35,5%, lo que es natural, puesto que al estar sometidos a un espacio con colores cálidos este desciende para conducir al ocupante a un estado de relajo y tranquilidad.

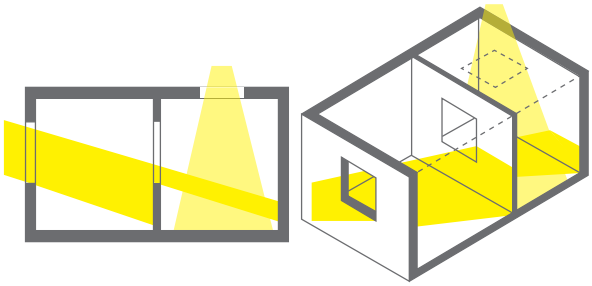


Figura 4.7 Esquema de tipología oficina N°3, Dos o más aportes de luz indirecta artificial. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.18 Propuesta N°1:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°3, resultado DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

RECINTO (plano útil = 0,75 mts.)					
Oficina	6500K		2700K		Eficiencia energética W/m²
	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	
Norte	479	0,59	434	0,59	11,81
Sur	474	0,52	430	0,52	9,5

Tabla 4.19 Propuesta N°1: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°3, resultados DIALux 4.12 y calculadora circadiana. Fuente: Elaboración propia.

PLANO DE TRABAJO (h= 0,75 mts.)								
Escritorio	6500K				2700K			
	Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR		Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR	
			Min	Máx			Min	Máx
Of. Norte	494	45,2	<10	14	448	35,5	<10	14
Of. Sur	494	45,2	<10	12	448	35,5	<10	12

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tipología 4: Para este recinto la iluminancia media general es de 400 lx para una temperatura de color de 6500K y 363 lx para temperatura de color de 2700K, con una uniformidad del 30%.

El valor para la superficie de trabajo, considerando una temperatura de color de 6500K es de 496 lx, y para una temperatura de color de 2700K es de 450 lx, con un deslumbramiento que no supera los 17 y una eficiencia energética de 7,91 W/m².

El estímulo circadiano para este recinto, considerando temperaturas frías de 6500K, se traduce en un aporte de 45,3% de SC y para temperaturas cálidas de 2700K, un aporte de 35,6% de SC.

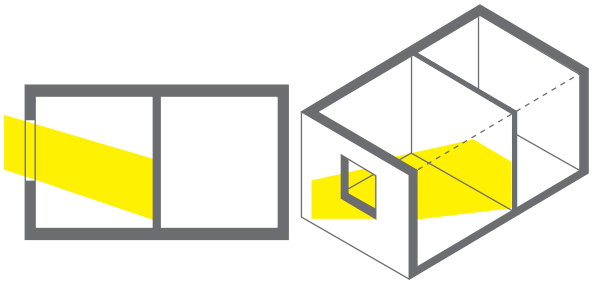


Figura 4.8: Esquema de tipología oficina N°4, sin luz natural.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.20 Propuesta N°1:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°4, resultado DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

RECINTO (plano útil = 0,75 mts.)				
6500K		2700K		Eficiencia energética W/m²
Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	
400	0,31	363	0,31	7,91

Tabla 4.21 Propuesta N°1: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°4, resultados DIALux 4.12 y calculadora circadiana. Fuente: Elaboración propia.

PLANO DE TRABAJO (h= 0,75 mts.)								
Escritorio	6500K				2700K			
	Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR		Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR	
			Min	Máx			Min	Máx
1	496	45,3	14	17	450	35,6	14	17

Los valores arrojados para la propuesta 1, consideran las iluminancias medias generales en todos los recintos con valores entre 400 lx y 479 lx para temperaturas frías y 363 lx a 434 lx para temperaturas cálidas. Para las superficies de trabajo analizadas, se consideran iluminancias medias entre 448 lx y 518 lx; estas diferencias en parte son consecuencia de la posición de los puestos de trabajo, respecto

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

a la posición de los equipos de iluminación y su perpendicularidad entre sí. Para la totalidad de las superficies analizadas, los valores de deslumbramiento son menores o igual a 17, lo que esta dentro del rango ya que la normativa indica un UGR de 19.

Para los resultados de uniformidad y eficiencia energética, los valores varían, con uniformidades entre el 31% y el 59%; mientras que la eficiencia energética en los casos más favorables es de 6,54 W/m² y en los casos más desfavorables de 11,81 W/m². Esta diferencia en resultados no solo se debe a la cantidad de equipos de iluminación o las prestaciones respecto a la superficie a iluminar, sino a la morfología de cada recinto, resultado de las constantes modificaciones de las oficinas.

Para el estímulo circadiano, los aportes se homologan entre un 43.4% y un 46% para temperaturas frías 6500K, porcentajes aceptables considerando que un 50% de estimulación sería el óptimo a lograr; mientras que para temperaturas cálidas 2700°K, el aporte de SC baja entre un 33,6% a un 36,4%. En este caso, las diferencias que se presentan para cada temperatura se deben a la posición de la superficie de trabajo analizada, respecto a la posición del equipo de iluminación y su perpendicularidad.

4.4.2 Propuesta 2.

Esta propuesta considera cambios respecto a la situación actual y la propuesta 1, modificando variables lumínicas. La fuente de iluminación se cambia por un equipo suspendido LED HCL. La altura de estos equipos se establece en un plano de luminarias a 2,80 metros respecto del suelo y reflectancias de las superficies del recinto iguales a su condición actual. Para las variables de factor de mantenimiento y horario de trabajo, se utilizan las mismas de la propuesta anterior.

El equipo de iluminación se cambia por un equipo suspendido LED HCL Trilux, modelo Solvanf D; esta elección se basa en la posibilidad de poder determinar el plano de luminarias y así dar mayor flexibilidad al espacio, opción que el equipo de iluminación de la propuesta 1 no posee.

Tabla 4.22 Factores de estimulación circadiana en Propuesta 2. Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA 2:		
○	Ambiente lumínico:	● Altura espacio oficina: 3,10 mts. ● Reflectancia Cielo - Suelo: 75% - 75% ● Reflectancia Muro - Superficie de trabajo: 80% - 50%
●	Fuente de luz:	Led - Human Centric Lighting - Trilux (suspendido) modelo Solvanf D 2700K a 6500K / 4000lm a 4400lm / 34W ● Altura luminaria: 2,80 mts.
●	Factor de mantenimiento:	0,80: Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual
●	Horario de trabajo:	8:10 a 12:30 / 14:10 a 18:13 horas con sistema de control DALI

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tipología N°2: Para este recinto se logra una iluminancia media general de 458 lx tomando un equipo de iluminación LED de 6500K y 416 lx al variarla a 2700K, ambas con una uniformidad del 45%.

Al analizar las superficies de trabajo, los valores rondan entre los 464 lx a los 520 lx dependiendo de la posición perpendicular respecto a la luminaria; el UGR máximo de lo analizado supera los 19, llegando a un máximo de 22. La eficiencia energética de esta propuesta para este recinto es de 6,36 W/m². Para el estímulo circadiano, los valores anteriormente dados se traducen en porcentajes entre el 44% y el 46,1% para temperaturas frías de 6500K; al variar la temperatura a 2700K el estímulo circadiano baja, entre un 34,3% a 36,5%.

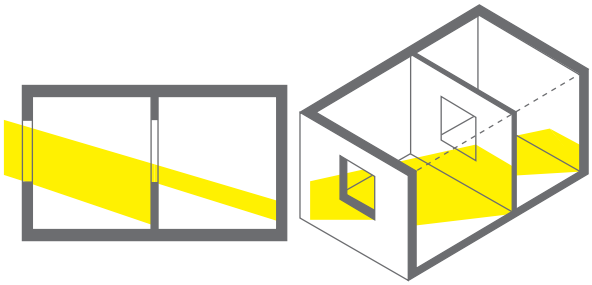


Figura 4.9: Esquema de tipología oficina N°2, aporte de luz indirecta artificial. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.23 Propuesta N°2:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°2, resultado DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

RECINTO (plano útil = 0,75 mts.)				
6500K		2700K		Eficiencia energética W/m²
Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	
458	0,45	416	0,45	6,36

Tabla 4.24 Propuesta N°2: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°2, resultados DIALux 4.12 y calculadora circadiana. Fuente: Elaboración propia.

PLANO DE TRABAJO (h= 0,75 mts.)								
Escritorio	6500K				2700K			
	Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR		Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR	
			Min	Máx			Min	Máx
1	464	44%	19	22	422	34,3%	19	22
2	520	46,1%	18	22	473	36,5%	18	22
3	484	44,8%	17	21	440	35,1%	17	21
4	513	45,9%	11	17	466	36,2%	11	17

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tipología 3: Esta tipología se divide en un recinto norte y un recinto sur; se considera para estos, una iluminancia media general de 486 lx y 481 lx respectivamente para una iluminación con temperatura LED de 6500K y 442 lx a 437 lx para temperatura 2700K; con una uniformidad entre el 51 y 58%.

Los valores para la superficie de trabajo del recinto norte y sur, con equipos de iluminación con temperatura de color de 6500K, se establecen en 500 lx y 501 lx. Para la variación de temperatura de 2700K, los valores llegan a los 455 lx. La eficiencia energética para el recinto norte es de 11,47 W/m² y para el recinto sur es de 9,23 W/m². Diferencias que se asemjan a la de la propuesta 1.

El estímulo circadiano para esta tipología, considerando temperaturas frías de 6500K, en el recinto norte y sur es de un 45,4%; al variar la temperatura a cálida 2700°K, el SC baja a un 35,8% de aporte.

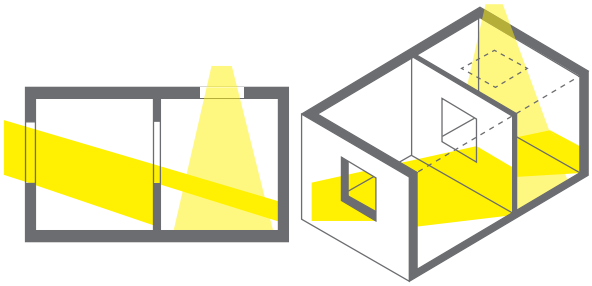


Figura 4.10 Esquema de tipología oficina N°3, Dos o más aportes de luz indirecta artificial. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.25 Propuesta N°2:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°3, resultado DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

RECINTO (plano útil = 0,75 mts.)					
Oficina	6500K		2700K		Eficiencia energética W/m²
	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	
Norte	486	0,58	442	0,58	11,47
Sur	481	0,51	437	0,51	9,23

Tabla 4.26 Propuesta N°2: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°3, resultados DIALux 4.12 y calculadora circadiana. Fuente: Elaboración propia.

PLANO DE TRABAJO (h= 0,75 mts.)								
Escritorio	6500K				2700K			
	Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR		Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR	
			Min	Máx			Min	Máx
Of. Norte	500	45,4%	<10	18	455	35,8%	<10	18
Of. Sur	501	45,4%	<10	16	455	35,8%	<10	16

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tipología 4: Para este recinto la iluminancia media general es de 389 lx para una temperatura de color de 6500K y 354 lx para temperatura de color de 2700°K, con una uniformidad del 36%.

El valor para la superficie de trabajo, considerando una temperatura de color de 6500K es de 470 lx, y para una temperatura de color de 2700K es de 428 lx, con un deslumbramiento mayor a 19, entre 20 y 21 y una eficiencia energética de 7,68 W/m².

El estímulo circadiano para este recinto, considerando temperaturas frías de 6500K, es de 44,3% y para temperaturas cálidas de 2700K, un aporte de 34,6%.

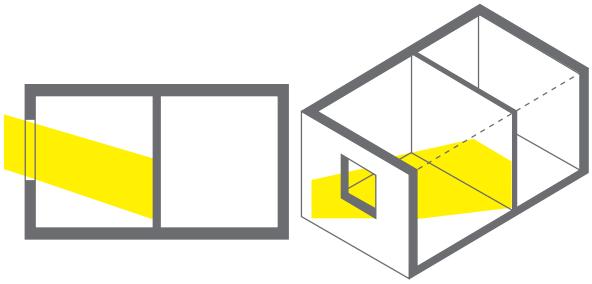


Figura 4.11: Esquema de tipología oficina N°4, sin luz natural.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.27 Propuesta N°2:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°4, resultado DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

RECINTO (plano útil = 0,75 mts.)				
6500K		2700K		Eficiencia energética W/m²
Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	
389	0,36	354	0,36	7,68

Tabla 4.28 Propuesta N°2: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°4, resultados DIALux 4.12 y calculadora circadiana. Fuente: Elaboración propia.

PLANO DE TRABAJO (h= 0,75 mts.)								
Escritorio	6500K				2700K			
	Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR		Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR	
			Min	Máx			Min	Máx
1	470	44,3%	20	21	428	34,6%	20	21

Los valores indicados para la propuesta 2, consideran iluminancias medias generales en todos los recintos con valores entre 389 lx y 486 lx para temperatura frías, y 354 lx a 442 para temperaturas cálidas; respecto a la propuesta 1, estas diferencias no superan el 5%.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Para las superficies de trabajo analizadas, se consideran iluminancias medias entre los 464 lx y los 520 lx. Considerando el índice de deslumbramiento se observa que 5 de las 7 superficies de trabajo analizadas superan el rango deseado de 19, llegando a valores entre 20 y 22. Para los resultados de uniformidad y eficiencia energética, los valores varían, con uniformidades entre un 36% y un 58%; mientras que la eficiencia energética varía entre 6,36 W/m² y 11,47 W/m². Ambos rangos son parecidos a la propuesta 1.

Para el estímulo circadiano, los aportes están entre un 44% y un 46.1% para temperaturas frías 6500K; mientras que para temperaturas cálidas 2700K, el aporte de SC baja entre un 34,3% a un 36,5%; valores muy similares a los de la propuesta anterior.

4.4.3 Propuesta 3.

La propuesta 3, considera cambios respecto a la situación actual, la propuesta 1 y la propuesta 2, modificando diferentes variables.

Para esta propuesta se trabaja con la variable de ambiente lumínico, modificando las reflectancias de las superficies de cada recinto, homologando todos los recintos y las superficies de trabajo; para esto se consideran superficies claras para cielo y muros con reflectancias de 75%, para suelos superficies oscuras con reflectancias de un 20% y para las superficies de trabajo se considera una reflectancia del 35% con materialidad de madera clara.

Al cambiar las variables de reflectancia, los valores lumínicos se modifican para todas las tipologías, aumentando las iluminancias medias; por lo mismo se considera ocupar equipos suspendidos LED HCL Trilux con menor cantidad de lúmenes para evitar la sobre iluminación de los espacios, ocupando un modelo Trilux 333 a una altura de suspensión de 2,3m respecto del suelo (mínimo exigido por la OGUC para un espacio habitable). Para las variables de factor de mantenimiento y horario de trabajo, se utilizan las mismas que las propuestas anteriormente.

Tabla 4.29 Factores de estimulación circadiana en Propuesta 3. Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA 3:		
✓	Ambiente lumínico:	● Reflectancia Cielo / Suelo: 75% / 20% ● Reflectancia Muro / Superficie de trabajo: 75% / 35%
✓	Fuente de luz:	Led - Human Centric Lighting - Trilux (suspendido) 333 2700K a 6500K / 2800lm a 3200lm / 31W ● Altura luminaria: 2,30 mts.
✓	Factor de mantenimiento:	0,80: Local muy limpio, bajo tiempo de utilización anual
✓	Horario de trabajo:	8:10 a 12:30 / 14:10 a 18:13 horas con sistema de control DALI

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tipología N°2: Para este recinto se logra una iluminancia media general de 432 lx tomando un equipo de iluminación LED de 6500K y 278 lx al variar a 2700K, ambas con una uniformidad del 56%.

Al analizar las superficies de trabajo los valores rondan entre los 452 lx y los 495 lx dependiendo de la posición perpendicular respecto a la luminaria; el UGR máximo de lo analizado no supera los 19 y la eficiencia energética de esta propuesta es de 5,80 W/m².

Para el estímulo circadiano, los valores anteriormente dados se traducen en porcentajes entre el 43,5% y el 45,2% para temperaturas frías de 6500K; al variar la temperatura a 2700K el estímulo circadiano baja, entre un 33% a 34,8%.

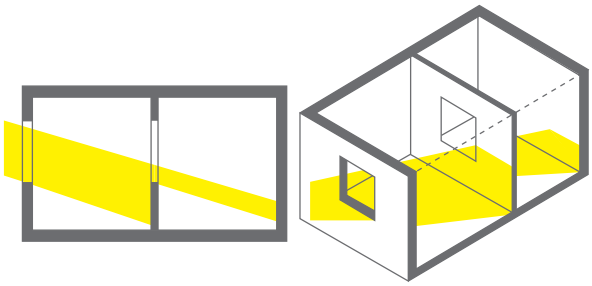


Figura 4.12: Esquema de tipología oficina N°2, aporte de luz indirecta artificial. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.30 Propuesta N°3:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°2, resultado DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

RECINTO (plano útil = 0,75 mts.)				
6500K		2700K		Eficiencia energética W/m²
Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	
432	0,56	278	0,56	5,8

Tabla 4.31 Propuesta N°3: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°2, resultados DIALux 4.12 y calculadora circadiana. Fuente: Elaboración propia.

PLANO DE TRABAJO (h= 0,75 mts.)								
Escritorio	6500K				2700K			
	Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR		Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR	
			Min	Máx			Min	Máx
1	463	44%	16	17	405	33,5%	16	17
2	495	45,2%	17	-	433	34,8%	17	-
3	452	43,5%	15	17	395	33%	15	17
4	458	43,8%	<10	13	401	33,3%	<10	13

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tipología 3: Esta tipología se divide en un recinto norte y un recinto sur; donde se considera, una iluminancia media general de 486 lx y 500 lx respectivamente, con una temperatura LED de 6500K y 425 lx a 437 lx para una temperatura de 2700K; obteniendo una uniformidad entre el 60 y 61%. Los valores para la superficie de trabajo del recinto norte y sur, con equipos de iluminación con temperatura de color de 6500K, se establecen en 494 lx y 510 lx respectivamente. En cambio para la variación de temperatura de 2700K, los valores llegan a los 455 lx, con un UGR no superior a 14. La eficiencia energética para el recinto norte es de 10,46 W/m² y para el recinto sur es de 8,41 W/m².

El estímulo circadiano para esta tipología, considerando temperaturas frías de 6500K, en el recinto norte y sur es de un 45,2% y 45,8%; al variar la temperatura a cálida (2700K), el SC baja a un 35,8% y un 35,4% de aporte respectivamente.

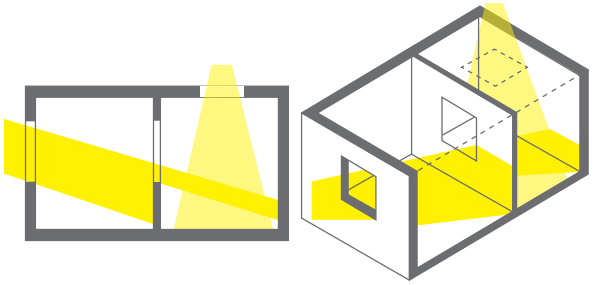


Figura 4.13 Esquema de tipología oficina N°3, Dos o más aportes de luz indirecta artificial. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.32 Propuesta N°3:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°3, resultado DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

RECINTO (plano útil = 0,75 mts.)					
Oficina	6500K		2700K		Eficiencia energética W/m²
	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	
Norte	486	0,6	425	0,6	10,56
Sur	500	0,61	437	0,61	8,41

Tabla 4.33 Propuesta N°3: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°3, resultados DIALux 4.12 y calculadora circadiana. Fuente: Elaboración propia.

PLANO DE TRABAJO (h= 0,75 mts.)								
Escritorio	6500K				2700K			
	Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR		Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR	
			Min	Máx			Min	Máx
Of. Norte	494	45,2%	<10	14	455	35,8%	<10	14
Of. Sur	510	45,8%	<10	11	446	35,4%	<10	11

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tipología 4: Para este recinto la iluminancia media general es de 405 lx con una temperatura de color de 6500K y 354 lx para una temperatura de color de 2700K, con una uniformidad del 51%. El valor para la superficie de trabajo, considerando una temperatura de color de 6500K es de 502 lx, y de 439 lx para una temperatura de color de 2700K, con un UGR no mayor a 17, y una eficiencia energética de 7,01 W/m². El estímulo circadiano para este recinto, considerando temperaturas frías es de 6500K, es de 45,5% y para temperaturas cálidas de 2700K, es de 35,1%.

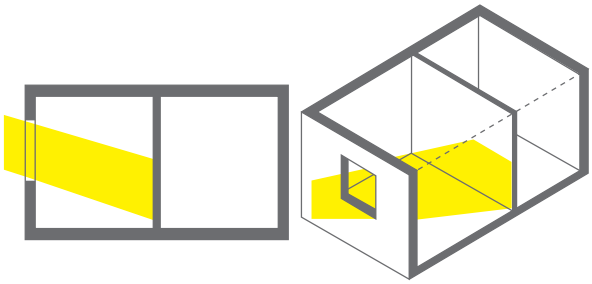


Figura 4.14: Esquema de tipología oficina N°4, sin luz natural.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.34 Propuesta N°3:Iluminancia y uniformidad de oficina tipo N°4, resultado DIALux 4.12. Fuente: Elaboración propia.

RECINTO (plano útil = 0,75 mts.)				
6500K		2700K		Eficiencia energética W/m²
Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	Iluminancia media (lx)	Uniformidad E_{min}/E_m (lx)	
405	0,51	354	0,51	7,01

Tabla 4.35 Propuesta N°3: Iluminancia, estímulo circadiano y deslumbramiento en el plano de trabajo de oficina tipo N°4, resultados DIALux 4.12 y calculadora circadiana. Fuente: Elaboración propia.

PLANO DE TRABAJO (h= 0,75 mts.)								
Escritorio	6500K				2700K			
	Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR		Iluminancia media (lx)	Estímulo Circadiano (%)	UGR	
			Min	Máx			Min	Máx
1	502	45,5%	16	17	439	35,1%	16	17

Al modificar las reflectancias de las superficies, existe un aumento considerable de uniformidad y eficiencia energética. Considerando las iluminancias medias generales en todos los recintos existen valores entre 405 lx y 500 lx para temperaturas frías, y 278 lx a 437 lx para temperaturas cálidas. Respecto a las propuestas 1 y 2, existe una baja en la iluminancia media que no es evidente para las superficies de trabajo ya que estas presentan iluminancias medias entre 452 lx para los casos más desfavorables y 510 lx para los casos más favorables en temperatura fría. Además los valores de deslumbramiento (UGR) se mantienen constantes igual o bajo 17.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Para los resultados de uniformidad y eficiencia energética, los valores aumentan positivamente. La uniformidad se homologa en todos los recintos entre un 51% y un 61%; mientras que la eficiencia energética en los casos más favorables es de 5,80 W/m² y en el más desfavorable es de 10,46 W/m², estos son los menores valores obtenidos de las tres propuestas. Para el estímulo circadiano, los aportes varían entre un 43,5% y un 45,8% para temperaturas frías 6500°K; mientras que para temperaturas cálidas 2700°K, la estimulación baja entre un 33% a un 35,8%.

4.5 Comentarios propuestas de mejoramiento.

Las tres propuestas se trabajaron a partir de 4 variables, referidas tanto a cuestiones de diseño arquitectónico como lumínico; a modo de estrategia general para todas las propuestas, las variables de factor de mantenimiento y de horario de trabajo se mantienen constantes. Para establecer la pertinencia de los datos entregados en cada propuesta, se toman las normativas antes explicadas.

En el caso de la propuesta 1, se cambia el equipo de iluminación existente por LED Human Centric Lighting (HCL) empotrado de 3900 lm a 4300 lm y 30,5 W; alcanzando valores lumínicos que se acercan a los normativos (500 lx), cumpliendo con los estándares mínimos de UGR menor a 19, según UNE 12464; sin embargo, las uniformidades para los recintos no alcanzan el 60%, a excepción de la oficina sur perteneciente a la tipología 3.

Mientras que para el estímulo circadiano, los valores son cercanos al 50%, porcentaje óptimo para un impulso circadiano eficiente. A su vez se observa que la altura de los recintos (3,10 mts.) determina el uso de un equipo de iluminación con altas prestaciones tanto en lúmenes como en watts, por esta razón para la propuesta 2, se estudia el uso de un equipo de iluminación suspendida, optando por luminarias con una mejor relación de flujo luminoso (lm/W). En la propuesta 2, se sigue con la estrategia principal de solo cambiar la fuente de luz, en este caso se escoge un equipo de iluminación LED Human Centric Lighting (HCL) suspendida de 4000 lm a 4400 lm y 34 W, descendiendo el plano de luminarias en 0,80 mts, llegando a una altura total de 2,30 mts. a modo de impedir una sobre-iluminación en los recintos. En esta propuesta los valores de iluminancia media no cambian drásticamente respecto a la propuesta 1, a su vez la uniformidad no alcanza el 60%, excepto en el recinto sur correspondiente a la tipología 3 con un 58%.

Del mismo modo, los valores de deslumbramiento, escapan a lo recomendado por la UNE, ya que son mayores a 19. El estímulo circadiano para esta propuesta alcanza valores cercanos al 50%, excelente porcentaje para un eficiente arranque circadiano.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Y por último la propuesta 3, toma en cuenta la variable del ambiente lumínico, cambiando las reflectancias de las superficies, tanto del recinto como de los planos de trabajo. Al hacer este cambio, los equipos de iluminación de la propuestas 1 y 2 arrojan valores sobre los 600 lx, decidiendo cambiar las luminarias a una con menores prestaciones, LED HCL suspendida de 2800 lm a 3200 lm y 31 W; esto ayuda a bajar el plano de luminarias a 2,30 mts. respecto al suelo. Los valores lumínicos mejoran en la mayoría de los recintos, acercándose a los 500 lx, la uniformidad de todos los recintos aumenta alcanzando un 60% y el índice de deslumbramiento es menor a 19. El estímulo circadiano para esta propuesta baja con respecto al resto, sin embargo son pocos puntos porcentuales, logrando mantenerse cercano al 50%.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Conclusiones.

En la actualidad el diseño de iluminación abarca el efecto visual de la luz, relacionado estrechamente con dos de los tres fotoreceptores que tenemos en nuestro sistema visual, los conos y los bastoncillos, los cuales nos permiten percibir los colores y las tonalidades de grises, respectivamente. En relación a estos efectos visuales de la luz existen normas nacionales e internacionales que al momento de diseñar un proyecto de iluminación se utilizan a modo de referencia para llegar a rangos ya estimados de iluminancia, luminancia, deslumbramiento, índice de reproducción cromática, reflectancias de las superficies, entre otras variables. Contrario a lo que se refiere al tercer fotoreceptor ubicado en nuestros ojos, las células ganglionares retínales, las cuales están ligadas estrechamente a la supresión de melatonina, el estado de alerta, la temperatura corporal, entre otras características; efecto no visual de la luz, que si bien hace un par de años atrás (2010) comenzó a ser estudiado con mayor diligencia, vinculando el ciclo circadiano con el área del diseño de iluminación actual en espacios de salud (hospitales), laborales (oficinas) y académicos (aulas de clases), todavía para algunos sigue siendo algo ajeno a la realidad.

El ciclo circadiano es parte de nuestro sistema biológico y su regulación natural está a cargo de la luz del sol, y las características que esta posee a lo largo de un día completo, donde hay variaciones en la intensidad y la temperatura de color especialmente. Debido a que nuestras vidas se desarrollan principalmente en espacios interiores, donde no siempre existe una buena iluminación natural, la relevancia de la iluminación artificial forma parte importante de esta, ya que un ambiente que nos brinda una buena luz circadiana promueve una estimulación eficiente, mejorando el bienestar, los niveles de productividad y el estado de ánimo, entre los ocupantes.

Se cataloga como eficiente, una iluminación artificial que considera varias constantes ya sean ambientales, de la fuente de luz a escoger y adicionales, que tienen relación con los usuarios. Si bien dichas variables se encuentran normadas y referenciadas, existen aquellas que tienen mayor importancia a lo que el estímulo circadiano se refiere, constantes que se estudiaron en profundidad en el caso de estudio, edificio administrativo de la Universidad del Bío-Bío, campus Concepción, construcción que ha sufrido varias modificaciones a lo largo del tiempo, razón por la cual las oficinas se iluminan principalmente de manera artificial.

En primera instancia se hizo una encuesta a los usuarios, donde, de un universo de 126 personas se obtienen resultados de 92 oficinistas que equivalen al 73,01% de la muestra, para comprender de manera subjetiva las condiciones de iluminación a las que se ven enfrentados y cruzar esos datos con su cronotipo circadiano, resultados que dan a conocer los problemas visuales y las deficientes

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

condiciones de iluminación en las que trabajan, lo que condujo a la etapa de simulación a cargo del software especializado DIALux 4.12 y los valores de estimulación circadiana que arrojo la calculadora elaborada por Lighting Research Center a inicios de este año, para esto se hicieron tres propuestas de mejoramiento del caso base, con luminaria LED empotrada, suspendida y optimizando la reflectancia de las superficies, tanto del espacio oficina, como del plano de trabajo; siendo la última propuesta la más eficiente considerando todas las variables.

En la propuesta número 3 se considera trabajar las cuatro variables más importantes para lograr una estimulación circadiana eficiente, el ambiente lumínico, el equipo de iluminación, el factor de mantenimiento y el horario de trabajo, cada uno de estos cuatro factores sugiere una modificación con respecto de la situación actual; donde, existe un cambio en las reflectancias de las superficies, se escoge una luminaria LED suspendida, se considera un factor de mantenimiento alto, para que el equipo de iluminación a utilizar mantenga eficiencia durante su uso y por último se suma un sistema de control computacional a esta fuente de luz, que relaciona el horario de trabajo de los oficinistas, modificando la temperatura de color de fría a cálida, dependiendo si los ocupantes empiezan/terminan su jornada laboral o toman una pausa a la hora del almuerzo.

En términos de diseño de iluminación con los estándares actuales esta propuesta cumple satisfactoriamente con lo que respecta a la normativa nacional e internacional, considerando netamente los efectos visuales de la luz. Al igual que con lo referido al ciclo circadiano, entiendo que de un 30% a un 70%, es el mínimo estímulo y la saturación de este, respectivamente, concluyendo que un 50% es lo óptimo para presentar una estimulación circadiana eficiente a lo largo del día.

El porcentaje de estímulo alcanzado en esta propuesta es de un 45% para una temperatura fría de 6500K que luego desciende a un 33% con una temperatura cálida de 2700K; si bien la luz fría no alcanza el óptimo acordado, es un buen porcentaje de estimulación circadiana que permanecerá durante las horas de mayor productividad dentro de la jornada laboral, y descenderá en dos momentos del día (almuerzo y termino de jornada), de manera paulatina a una luz cálida, como aviso a nuestro organismo de que es momento de descansar y hacer una pausa en nuestro día profesional.

Hay que entender que los proyectos de iluminación necesitan ser diseñados a conciencia de la totalidad de nuestro sistema visual, ya que la luz no solo sirve como instrumento a la hora de hacer una tarea específica o iluminar un espacio adecuadamente, sino que también ayuda a nuestro rendimiento, estado de ánimo y emocionalidad; generando una relación positiva entre luz, salud y espacio, dejando a un lado la omisión físico - biológica que se hace hoy en día.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Si bien el interés de algunos puede llevar a presentar diseños de iluminación que cuenten con el ciclo circadiano, es de suma importancia que en la normativa se logre integrar este proceso biológico, a modo de poder diseñar proyectos más eficientes en el futuro; incorporando a las variables actualmente utilizadas para proyectos de iluminación, conceptos como porcentajes de estimulo circadiano recomendados, variabilidad de la iluminancia y temperaturas de luz, considerando los valores normativos no como conceptos estáticos, sino como criterios que están en sincronía con aspectos físicos y biológicos que respondan tanto a los efectos visuales como no visuales de la luz.

Con esto, se considera de gran importancia la incorporación de la investigación científica, respecto a los efectos positivos y negativos de nuestro entorno construido, variables que con las dinámicas de producción económica y social actuales, hacen que pasemos gran parte de nuestra jornada diaria en espacios de trabajo que no siempre tienen las mejores condiciones físicas, repercutiendo en cuestiones biológicas que podemos controlar por medio del proceso de diseño.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Referencias bibliográficas

[1] Moore-Ede, MC., Sulzman, FM., Fuller, CA., *The Clocks That Time Us.* Cambridge: Harvard University Press, 1982. ISBN 0674135814

[2] Klein, DC., Moore, RY., Reppert, SM., *Suprachiasmatic Nucleus: The Mind's Clock.* New York: Oxford University Press, 1991. ISBN 0195062507

[3, 4] Acosta, I., Leslie, R.P., & Figueiro, M.G. *Analysis of circadian stimulus allowed by daylighting in hospital rooms.* Lighting Research and Technology [en línea]. 2017, Vol. 49(1), 49–61. [Fecha de consulta 15 enero 2018]. Disponible en: https://doi.org/10.1177/1477153515592948

[5] Xu, K., DiAngelo, J.R., Hughes, M.E., Hogenesch J.B., Sehgal, A. *Interaction between circadian clocks and metabolic physiology: implications for reproductive fitness.* National Institutes of Health Public Access [en línea]. 2011, Vol. 13(6), 639–654. [Fecha de consulta 18 abril 2018]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.cmet.2011.05.001.Interaction

[6, 7, 18, 19, 22, 25, 26, 28] HENRICK MAACK, T., PAWLIK, K. *ERCO: Un discurso de la luz.* 1° ed. Alemania: Ludenscheid, 2009. ISBN 978-3-9813216-3-0

[8, 17] Konis, K. *A novel circadian daylight metric for building design and evaluation.* Building and Environment [en línea] 2017, Vol. 113, 22-38. [Fecha de consulta 12 enero 2018]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.025

[9, 11] Trilux Iluminación S.L. *Trilux: LED Guide 2016* [en línea] Madrid: España [fecha de consulta: 01 abril 2018]. Disponible en: https://www.trilux.com/fileadmin/Downloads/Brochures/LED_Guide/2016/16_19-LED-Guide-2016-GB-int.pdf

[10] Trilux Iluminación S.L. *Trilux: LED Guide 2014* [en línea] Madrid: España [fecha de consulta: 01 abril 2018]. Disponible en: https://www.trilux.com/fileadmin/Content/ES/PDF/Themen/LED-Guide-ES-14_25.pdf

[12, 13] Dirección del trabajo. Gobierno de Chile. *Decreto Supremo N°594. "Página 1, Considerando:" y "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Título IV: De la contaminación ambiental. Parrafo III: De los agentes físicos. Ítem N° 6. De la iluminación. Artículo 103."* [en línea] Chile, 1999 [Fecha de consulta 20 abril 2018]. Disponible en: http://www.dt.gob.cl/legislacion/1624/w3-article-59796.html

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

[14, 20, 21, 23, 24, 29] AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación. *Norma Europea UNE – EN 12464-1. Requisitos de iluminación según actividad.* [en línea] Madrid, 2012 [Fecha de consulta 22 abril 2018]. Disponible en: https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/UNE?c=N0048898

[15, 16] Acosta, I., Molina, J. F., & Campano, M. A. *Analysis of Circadian Stimulus and Visual Comfort Provided by Window Design in Architecture.* International Journal of Engineering and Technology [en línea] 2017, Vol. 9(3), 198-204. [Fecha de consulta 29 enero 2018]. Disponible en: https://doi.org/10.7763/IJET.2017.V9.970

[27] Ministerio de vivienda y urbanismo (MINVU). *Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, Título 4: De la arquitectura, Capítulo 1: De las condiciones de habitabilidad, Artículo 4.1.2.* [en línea] Chile, 2018 [Fecha de consulta 20 abril 2018]. Disponible en: http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20061113162221&hdd_nom_archivo=OGUC%20Febrero%202018%20(disposiciones%20transitorias%20-%20vigencia%20inmediata).pdf

[30] Roenneberg T, Wirz-Justice A, Merrow M. *Life between clocks: daily temporal patterns of human chronotypes.* J Biol Rhythms 2003, 18(1):80-90.

[31] Sanz Merinero, J. A., & Sebastián García, O. (2011). *Cuestionario: Evaluación y Acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo.* Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo y el Ministerio de Trabajo e Inmigración, 11-12.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Anexos

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Anexo A: Registro fotográfico.

Nivel 1, Edificio de Administración, UBB: Registro fotográfico y observaciones de cada departamento según la enumeración dada en la planta del primer nivel.

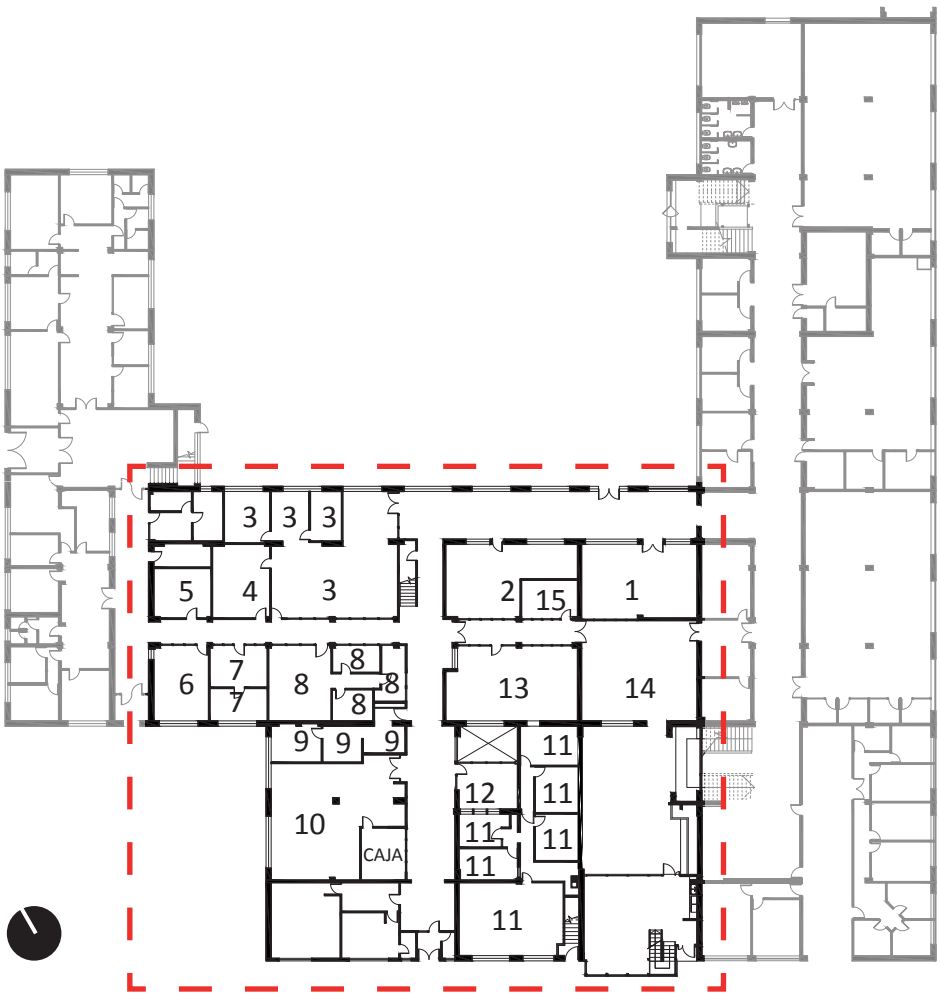


Figura A1: Planta Nivel 1. Edificio de Administración, UBB.
Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1.1. Departamento de Cobranzas Alumnos:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 3250 lm
	Temperatura de color	: Warm White WW / 3000°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

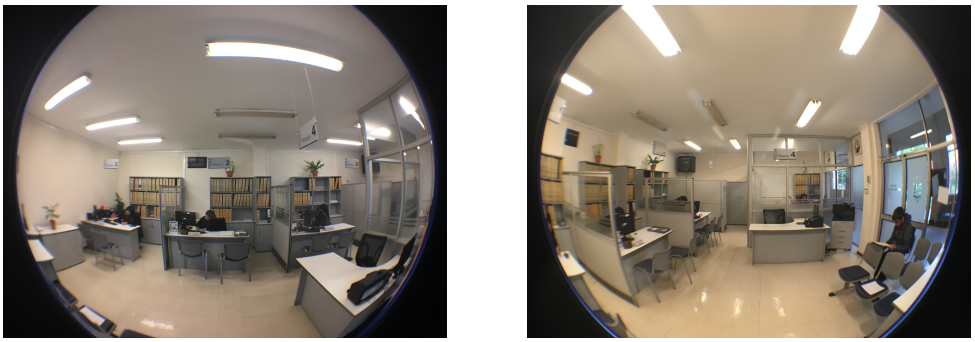


Figura A1.1: Departamento de Cobranzas Alumnos.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

1.2. Dirección de Recursos Humanos (Departamento de personal):		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Opaco
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo led T8 18W
	Flujo luminoso	: 1600 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6500°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.2: Dirección de Recursos Humanos (Departamento de Personal).
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1.3. Dirección de Selección, Administración, Registro y Control Académico:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.3: Dirección de Selección, Administración, Registro y Control Académico. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

1.4. Departamento de Títulos y Grados:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco - brillante / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.4: Departamento de Títulos y Grados. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1.5. Oficina de Partes:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.5: Oficina de Partes.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

1.6. Dirección General de Análisis Institucional:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

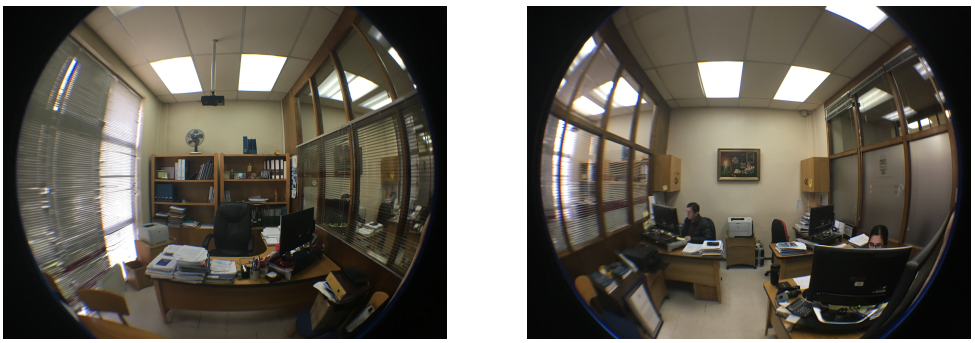


Figura A1.6: Dirección General de Análisis Institucional.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1.7. Dirección de Investigación:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Brillante / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.7: Dirección de Investigación.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

1.8. Dirección de Recursos Humanos:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
		: 3250 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
		: Warm White WW / 3000°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.8: Dirección General de Análisis Institucional.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1.9. Departamento de Normalización y Certificación:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Opaco
	Muro / Plano de trabajo	: Brillante / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 18W
	Flujo luminoso	: 1050 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.9: Departamento de Normalización y Certificación.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

1.10. Administración Fondo Solidario de Crédito Universitario:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6500°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.10: Administración Fondo Solidario de Crédito Universitario.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1.11. Dirección Informática (Departamento de Servicios Computacionales):		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Brillante / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6500°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.11: Dirección Informática (Departamento de Servicios Computacionales). Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

1.12. Relaciones Institucionales Oficina Vinculación con el Medio:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Opaco
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo led T8 18W
	Flujo luminoso	: 1600 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6500°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.12: Relaciones Institucionales Oficina Vinculación con el Medio. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1.13. Financiamiento Estudiantil:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.13: Financiamiento Estudiantil.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

1.14. Departamento de Servicios Computacionales Soporte Informático:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.14: Departamento de Servicios Computacionales Soporte Informático.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1.15. Departamento de Desarrollo de Sistemas (Proyectos):		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo led T8 18W
	Flujo luminoso	: 1600 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6500°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A1.15: Departamento de Desarrollo de Sistemas.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Nivel 2, Edificio de Administración, UBB: Registro fotográfico y observaciones de cada departamento según la enumeración dada en la planta del segundo nivel.

Figura A2: Planta Nivel 2. Edificio de Administración, UBB.
Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

2.1. Vicerrectoría de Asuntos Económicos:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Opaco
	Muro / Plano de trabajo	: Brillante / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A2.1: Vicerrectoría de Asuntos Económicos.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

2.2. Dirección de Finanzas y Administración:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A2.2: Dirección de Finanzas y Administración.
Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

2.3. Dirección de Recursos Humanos (Departamento Personal):		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante
	Muro / Plano de trabajo	: Opaco - brillante / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

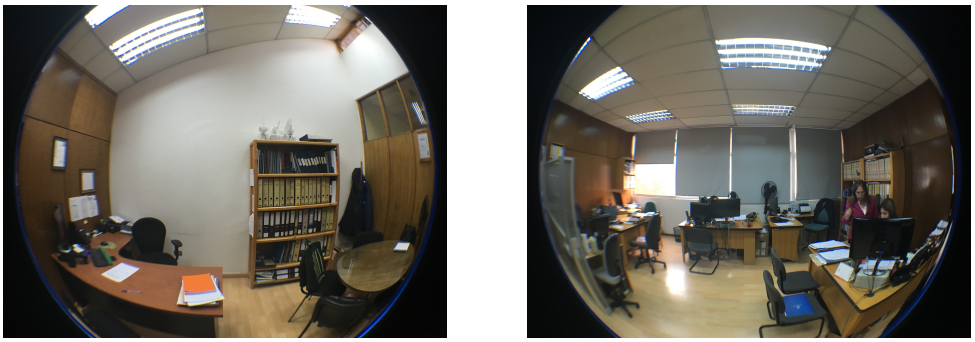


Figura A2.3: Dirección de Recursos Humanos (Departamento Personal). Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

2.4. Departamento de Servicios Generales y Patrimonio:		
VARIABLES DE DISEÑO	Reflectancia: Cielo / Suelo	: Opaco / Brillante - Opaco
	Muro / Plano de trabajo	: Brillante / Brillante
	Altura de las superficies de trabajo	: 0.75 mts
VARIABLES DE FUENTE DE LUZ	Tipo de luminaria	: Tubo fluorescente T8 36W
	Flujo luminoso	: 2500 lm
	Temperatura de color	: Cool Daylight CD / 6200°K
VARIABLES ADICIONALES	Mantenimiento	: 0.67
	Horario de trabajo	: 08:13-12:30 a 14:10-18:10 hrs

Figura A2.4: Departamento de Servicios Generales y Patrimonio. Planta Nivel 1, Edificio de Administración, UBB. Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Anexo B: Encuesta Administrativos UBB.

Instrucciones:
Lea atentamente antes de contestar y marque su elección; para cualquier duda, consulte.

Datos generales:

1.- ¿Su horario de trabajo es de 8:10 a 12:30 a.m. y 14.10 a 18:13 p.m.?
□ Si
□ No, especifique _____

2.- Edad
□ Menos de 30 años □ 31 a 40 años
□ 41 a 50 años □ 51 a 60 años
□ 61 a 70 años □ Más de 71 años

3.- ¿Cuántos años lleva trabajando en este puesto de trabajo? _____ años.

PARTE I: Matutinidad y vespertinidad [30]

1.- ¿A qué hora te levantarías si tuvieras entera libertad para organizarte el día?
□ a) Antes de las 7
□ b) Entre las 7 y 9
□ c) Después de las 9

2.- Levantarte los días laborables es para ti:
□ a) Muy difícil
□ b) Moderadamente difícil, depende de los días
□ c) Bastante difícil

3.- ¿Cómo te encuentras la primera media hora después de levantarte?
□ a) Alerta/despejado
□ b) Depende
□ c) Dormido/cansado

4.- ¿A qué hora te acostarías si fuera algo que dependiera totalmente de ti?
□ a) Después de las 12 de la noche
□ b) Entre las 10:30 y las 12 de la noche
□ c) Antes de las 10:30

5.- ¿Cómo te encuentras media hora antes de acostarte los días laborales?
□ a) Muy cansado, a punto de quedarme dormido
□ b) Moderadamente cansado/depende del día
□ c) No muy cansado

6.- Si has trasnochado, ¿cuándo te levantas al día siguiente?:
□ a) Más tarde de lo habitual, deseando dormir
□ b) Depende
□ c) A la hora habitual y deseando salir de la cama

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

PARTE II: Condiciones de iluminación en puesto de trabajo [31]

1.- Número de ventanas que posee su lugar de trabajo
□ 1
□ 2 o más
□ Ninguna

2.- Qué sistema de iluminación hay en la oficina donde trabaja
□ Iluminación natural
□ Iluminación artificial general
□ Iluminación artificial localizada
□ Iluminación natural con apoyo de artificial

3.- Considera Ud. que la iluminación en su puesto de trabajo es:
□ Adecuada
□ Algo molesta
□ Molesta
□ Muy molesta

4.- Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:
□ Más luz
□ Sin cambio
□ Menos luz

5.- Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo:
□ Fatiga en los ojos
□ Visión borrosa
□ Sensación de velo delante de los ojos
□ Vista cansada
□ Picor de ojos
□ Pesadez en los párpados

6.- Señale con cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones está de acuerdo:
□ Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo
□ Las luces producen brillos o reflejos en algunos elementos de mi puesto de trabajo
□ La luz de algunas luminarias o ventanas me da directamente en los ojos
□ En mi puesto de trabajo hay muy poca luz natural
□ En mi puesto de trabajo tengo dificultades para ver bien los colores
□ En las superficies de trabajo de mi puesto hay algunas sombras molestas
□ Necesitaría más luz para poder realizar mi trabajo más cómodamente
□ En algunas superficies de mi puesto de trabajo hay reflejos
□ Cuando miro a las luminarias me molestan
□ En mi puesto de trabajo hay algunas luces que parpadean
□ Cuando estoy trabajando mis ojos lagrimean