



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO

**MEDIO AMBIENTE LUMÍNICO EN CUARTOS DE HOSPITALIZACIÓN
CASO DE ESTUDIO: HOSPITAL DE CALDAS S.E.S.
MANIZALES - COLOMBIA**

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

AUTOR: Arquitecta. Esp. Lina Johanna Zapata González

PROFESOR GUÍA: María Beatriz Piderit Moreno. Arquitecta UBB, MA, PhD UC Louvain

CONCEPCIÓN, AGOSTO 13 DE 2015

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	11
PALABRAS CLAVE	12
CAPÍTULO I. FORMULACIÓN	13
1.1. INTRODUCCIÓN	13
1.2. OBJETIVOS	14
1.3. MARCO TEÓRICO	15
1.4. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA.....	21
1.5. METODOLOGÍA	24
CAPÍTULO II. PARÁMETROS DE ANÁLISIS	31
2.1. VARIABLES DE ANÁLISIS MEDIO AMBIENTE LUMÍNICO.	31
2.2. VARIABLES DE ANÁLISIS EFICIENCIA ENERGÉTICA.	39
2.3. HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN LUMÍNICA.....	42
2.4. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN	44
CAPÍTULO III. ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO	51
3.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO CONFORT VISUAL EN RELACIÓN A LA ILUMINANCIA	51
3.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO CONFORT VISUAL EN RELACIÓN A LA LUMINANCIA.	67
3.3. RESULTADO DE ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO EFICIENCIA ENERGÉTICA POR ILUMINACIÓN.	98
3.4. SÍNTESIS ANÁLISIS LUMÍNICO CASO DE ESTUDIO.....	99
CAPÍTULO IV. ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO PARA CHD	105
4.1. CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS EN LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO. 110	
4.2. ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO PROPUESTAS	111
4.3. VALIDACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO PROPUESTAS.....	117
4.4. RESULTADOS ANÁLISIS LUMÍNICO ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO PROPUESTAS. 120	

4.5.	SÍNTESIS ANÁLISIS LUMÍNICO ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO – CHD 410 – CHD	
415.	126	
4.6.	ANÁLISIS GRÁFICO COMPARATIVO DE LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO	127
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES		131
TRABAJOS FUTUROS		133
BIBLIOGRAFÍA		135
ANEXOS		139

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CATEGORÍAS, TEMAS Y HALLAZGOS RELACIONADOS CON LA OCUPACIÓN DE LOS CUARTOS DE HOSPITALIZACIÓN MÚLTIPLE VS. INDIVIDUAL, BASADOS EN LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.	16
TABLA 2. CLASES DE CLIMA SEGÚN CALDAS.	27
TABLA 3. CLASES DE CLIMA SEGÚN LANG.	27
TABLA 4. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA CALDAS – LANG.	27
TABLA 5. VARIABLES DE ANÁLISIS - ILUMINACIÓN NATURAL.	32
TABLA 6. FACTOR DE LUZ DÍA RECOMENDADO POR TIPO DE TAREA.	33
TABLA 7. FACTOR DE LUZ DÍA RECOMENDADO POR ESPACIO CON ILUMINACIÓN POR UN SOLO LADO.....	33
TABLA 8. COEFICIENTE DE LUZ DIURNA.	33
TABLA 9. FACTOR DE LUZ DÍA. ESCALA DE VALOR.....	34
TABLA 10. NIVELES DE E RECOMENDADOS PARA CUARTOS DE HOSPITALIZACIÓN.....	35
TABLA 11. ILUMINANCIA MEDIA. ESCALA DE VALOR.	35
TABLA 12. FACTOR DE UNIFORMIDAD. UMED. ESCALA DE VALOR.....	36
TABLA 13. SUPERFICIE "EN RANGO". ESCALA DE DESEMPEÑO.....	37
TABLA 14. RELACIÓN DE MÁXIMA DE LUMINANCIA.....	38
TABLA 15. VARIABLES DE ANÁLISIS - EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	40
TABLA 16. AUTONOMÍA DE LA LUZ DÍA. ESCALA DE COMPORTAMIENTO.....	40
TABLA 17. DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL - kWh/M ² AÑO.....	42
TABLA 18. DEMANDA ENERGÉTICA. ESCALA DE VALOR – kWh/M ² AÑO.....	42
TABLA 19. PARÁMETROS RADIANCE - DAYSIM.....	44
TABLA 20. DATOS DE MEDICIÓN - REFLEXIÓN DE LAS SUPERFICIES INTERNAS – HABITACIÓN 503 – 521.....	49
TABLA 21. RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN DAYSIM (%) - TABLA NUMÉRICA.....	51
TABLA 22. RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN DAYSIM – ANÁLISIS GRÁFICO – FLD – ALD.....	52
TABLA 23. AUTONOMÍA DE LA LUZ DÍA.....	52
TABLA 24. RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN DAYSIM – ANÁLISIS GRÁFICO – UDI.....	53
TABLA 25. ILUMINANCIA CHD 404 - ANÁLISIS NUMÉRICO.....	57
TABLA 26. ILUMINANCIA CHD 404- ANÁLISIS GRÁFICO.....	57
TABLA 27. ILUMINANCIA CHD 410 - ANÁLISIS NUMÉRICO.....	59
TABLA 28. ILUMINANCIA CHD 410 - ANÁLISIS GRÁFICO.....	59
TABLA 29. ILUMINANCIA CHD 415- ANÁLISIS NUMÉRICO.....	61
TABLA 30. ILUMINANCIA CHD 415 - ANÁLISIS GRÁFICO.....	61
TABLA 31. ILUMINANCIA CHD 421 - ANÁLISIS NUMÉRICO.....	63
TABLA 32. ILUMINANCIA CHD 421 - ANÁLISIS GRÁFICO.....	63

M_H_S_E_E

TABLA 33. ILUMINANCIA MEDIA ANUAL	66
TABLA 34. LUMINANCIA 1 - CHD 404 - ANÁLISIS NUMÉRICO	68
TABLA 35. LUMINANCIA 1 - CHD 404 - ANÁLISIS GRÁFICO	69
TABLA 36. LUMINANCIA 1 - CHD 410 - ANÁLISIS NUMÉRICO	70
TABLA 37. LUMINANCIA 1 - CHD 410 - ANÁLISIS GRÁFICO	71
TABLA 38. LUMINANCIA 1 - CHD 415 - ANÁLISIS NUMÉRICO	72
TABLA 39. LUMINANCIA 1 - CHD 415 - ANÁLISIS GRÁFICO	73
TABLA 40. LUMINANCIA 1 - CHD 421 - ANÁLISIS NUMÉRICO	74
TABLA 41. LUMINANCIA 1 - CHD 421 - ANÁLISIS GRÁFICO	75
TABLA 42. SÍNTESIS RELACIÓN DE LUMINANCIAS 1 EN CHD	76
TABLA 43. SÍNTESIS LUMINANCIA MEDIA 1 EN CHD	77
TABLA 44. SÍNTESIS LUMINANCIA MÁXIMA 1 EN CHD	77
TABLA 45. LUMINANCIA 2 - CHD 404 - ANÁLISIS NUMÉRICO	80
TABLA 46. LUMINANCIA 2 - CHD 404 - ANÁLISIS GRÁFICO	81
TABLA 47. LUMINANCIA 2 - CHD 410 - ANÁLISIS NUMÉRICO	82
TABLA 48. LUMINANCIA 2 - CHD 410 - ANÁLISIS GRÁFICO	83
TABLA 49. LUMINANCIA 2 - CHD 415 - ANÁLISIS NUMÉRICO	84
TABLA 50. LUMINANCIA 2 - CHD 415 - ANÁLISIS GRÁFICO	85
TABLA 51. LUMINANCIA 2 - CHD 421 - ANÁLISIS NUMÉRICO	86
TABLA 52. LUMINANCIA 2 - CHD 421 - ANÁLISIS GRÁFICO	87
TABLA 53. LUMINANCIA 2. RELACIÓN P1 Y P2 - TELEVISOR	88
TABLA 54. LUMINANCIA 2. RELACIÓN P1 Y P2 – VENTANA	88
TABLA 55. LUMINANCIA 2. CUMPLIMIENTO ANUAL - VENTANA.....	90
TABLA 56. DGP – CHD - PROMEDIO ANUAL.....	91
TABLA 57. DGP - CHD - PROMEDIO ESTACIONAL	92
TABLA 58. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO – DGP - CHD 404 - ANÁLISIS GRÁFICO.....	94
TABLA 59. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO - DGP - CHD 410 - ANÁLISIS GRÁFICO.....	95
TABLA 60. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO - DGP - CHD 415 - ANÁLISIS GRÁFICO.....	96
TABLA 61. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO - DGP - CHD 421 - ANÁLISIS GRÁFICO.....	97
TABLA 62. DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL. CHD.....	98
TABLA 63. RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN DAYSIM (%) - TABLA NUMÉRICA	99
TABLA 64. AUTONOMÍA DE LA LUZ DÍA	99
TABLA 65. ILUMINANCIA MEDIA ANUAL	100
TABLA 66. SÍNTESIS RELACIÓN DE LUMINANCIAS 1 EN CHD	100
TABLA 67. SÍNTESIS LUMINANCIA MEDIA 1 EN CHD	100

TABLA 68. SÍNTESIS LUMINANCIA MÁXIMA 1 EN CHD	101
TABLA 69. LUMINANCIA 2. P1 Y P2 - TELEVISOR	101
TABLA 70. LUMINANCIA 2. P1 Y P2 - VENTANA.....	101
TABLA 71. LUMINANCIA 2. CUMPLIMIENTO ANUAL - VENTANA	102
TABLA 72. DGP – CHD - PROMEDIO ANUAL	102
TABLA 73. DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL – CHD.....	102
TABLA 74. FACTOR DE LUZ DÍA. ESCALA DE VALOR - COLOR	117
TABLA 75. AUTONOMÍA DE LA LUZ DÍA (%). ESCALA DE VALOR – COLOR.....	117
TABLA 76. SUPERFICIE "EN RANGO". ESCALA DE DESEMPEÑO	117
TABLA 77. ILUMINANCIA MEDIA. ESCALA DE VALOR - COLOR	117
TABLA 78. FACTOR DE UNIFORMIDAD. UMED. ESCALA DE VALOR - COLOR.....	117
TABLA 79. DEMANDA ENERGÉTICA. ESCALA DE VALOR – kWh/m ² AÑO - COLOR	117
TABLA 80. FACTOR DE UNIFORMIDAD MÁXIMA. ESCALA DE VALOR - COLOR	118
TABLA 81. RELACIÓN DE LUMINANCIAS PARED TV. ESCALA DE VALOR - COLOR	118
TABLA 82. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO POR LUZ DÍA. ESCALA DE VALOR - COLOR.....	119
TABLA 83. CHD 410 - CHD 415. FACTOR DE LUZ DÍA - AUTONOMÍA DE LA LUZ DÍA - SUPERFICIE EN RANGO	120
TABLA 84. CHD 410 – CHD 415. SUPERFICIE EN RANGO.....	121
TABLA 85. CHD 410 - CHD 415. SUPERFICIE EN RANGO Y AUTONOMÍA DE LA LUZ DÍA. PACIENTE 1 Y PACIENTE 2. ESCALA DE VALOR - COLOR	121
TABLA 86. CHD 410 - CHD 415. ILUMINANCIA MEDIA - ESCALA DE VALOR - COLOR	122
TABLA 87. CHD 410 - CHD 415. FACTOR DE UNIFORMIDAD MEDIA. ESCALA DE VALOR - COLOR	123
TABLA 88. CHD 410 - CHD 415. FACTOR DE UNIFORMIDAD MÁXIMA. ESCALA DE VALOR - COLOR	123
TABLA 89. CHD 410 - CHD 415. LUMINANCIA 1. ESCALA DE VALOR - COLOR.....	124
TABLA 90. CHD 410 - CHD 415. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO POR LUZ DÍA. ESCALA DE VALOR - COLOR ...	125
TABLA 91. CHD 410 - CHD 415. DEMANDA ENERGÉTICA ANUAL. ESCALA DE VALOR - COLOR.....	125
TABLA 92. CHD 415 GIRADO. RESULTADOS DE ANÁLISIS LUMÍNICO Y PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO POR LUZ DÍA. ESCALA DE VALOR – COLOR	126
TABLA 93. CHD 410. RESULTADOS DE ANÁLISIS LUMÍNICO. ESCALA DE VALOR - COLOR.....	126
TABLA 94. CHD 415. RESULTADOS DE ANÁLISIS LUMÍNICO. ESCALA DE VALOR - COLOR.....	126

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. HIPÓTESIS.....	23
ILUSTRACIÓN 2. CUARTO TÍPICO. PLANTA Y CORTE A- A'.....	23
ILUSTRACIÓN 3. LOCALIZACIÓN CUARTOS DE HOSPITALIZACIÓN A ESTUDIAR.....	29
ILUSTRACIÓN 4. ÁNGULOS VISUALES TÍPICOS. PLANTA Y CORTE A - A'.....	45
ILUSTRACIÓN 5. GRILLA DE ANÁLISIS. ILUMINANCIA. PLANTA Y CORTE A - A'.....	46
ILUSTRACIÓN 6. GRILLA DE ANÁLISIS. LUMINANCIA 1. PLANTA Y CORTE A - A'.....	46
ILUSTRACIÓN 7. SENSORES DE MEDICIÓN. LUMINANCIA 2. PLANTA.....	46
ILUSTRACIÓN 8. PUNTOS DE MEDICIÓN (Kf) EN PLANTA. HABITACIÓN 503.....	50
ILUSTRACIÓN 9. PUNTOS DE MEDICIÓN (Kf) EN PLANTA. HABITACIÓN 521.....	50
ILUSTRACIÓN 10. EDP_1_DIMENSIÓN.....	112
ILUSTRACIÓN 11. EDP_1_REPISA HORIZONTAL EXTERNA.....	112
ILUSTRACIÓN 12. 1_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 1.....	113
ILUSTRACIÓN 13. 1_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 2.....	113
ILUSTRACIÓN 14. 2_DIMENSIÓN.....	113
ILUSTRACIÓN 15. 2_REPISA HORIZONTAL EXTERNA.....	113
ILUSTRACIÓN 16. 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 1.....	114
ILUSTRACIÓN 17. 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 2.....	114
ILUSTRACIÓN 18. 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 3.....	114
ILUSTRACIÓN 19. 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 4.....	114
ILUSTRACIÓN 20. 3_DIMENSIÓN.....	115
ILUSTRACIÓN 21. 3_REPISA HORIZONTAL EXTERNA.....	115
ILUSTRACIÓN 22. 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 1.....	115
ILUSTRACIÓN 23. 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 2.....	115
ILUSTRACIÓN 24. 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 3.....	116
ILUSTRACIÓN 25. 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 4.....	116
ILUSTRACIÓN 26. CAMBIO DE ORIENTACIÓN EN LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO PROPUESTAS_1, 2 Y 3.....	116
ILUSTRACIÓN 27. DIAGRAMA DE INTEGRACIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO LUMÍNICO PARA HOSPITALES.....	119
ILUSTRACIÓN 28. COMPARACIÓN EDP CON MEJORES RESULTADOS EN LA ESCALA DE VALOR.....	129

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN 1. PERSPECTIVA URBANA HOSPITAL DE CALDAS S.E.S.	10
IMAGEN 2. ORTOFOTOMAPA HOSPITAL DE CALDAS _ BLOQUE A2 _ LOCALIZACIÓN CUARTOS DE HOSPITALIZACIÓN MEDICINA INTERNA.	25
IMAGEN 3. PLANTA TIPO PISO 3, 4 Y 5_ HOSPITALIZACIÓN MEDICINA INTERNA DEL HOSPITAL DEPARTAMENTAL DE CALDAS.	26
IMAGEN 4. MAPA DE BRILLO SOLAR. PROMEDIO MULTIANUAL.	32
IMAGEN 5. E1. ILUMINANCIA REFLEJADA	47
IMAGEN 6. E2. ILUMINANCIA INCIDENTE	47
IMAGEN 7. HABITACIÓN 503. FUENTE PROPIA.....	50
IMAGEN 8. HABITACIÓN 521.	50
IMAGEN 9. (DL8) (A) RAISED CEILING AT FACADE AND (B) SLOPED CEILING AL FACADE	107
IMAGEN 10. (DL14) FIXED EXTERNAL SHADING IN (A AND B) HORIZONTAL CONFIGURATION AND (C) VERTICAL CONFIGURATION.	108

M H S E E

RESUMEN

El estudio del medio ambiente lumínico en cuartos de hospitalización cobra gran importancia por la relevancia de la salud humana, la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, así como por la arquitectura en respuesta a estas necesidades. Se ha demostrado que la iluminación natural influye en los tiempos de recuperación del paciente, en la regulación del ritmo circadiano, reduce el estrés, aumenta la sensación de apertura y libertad, mejora el estado de ánimo, reduce la incidencia de la depresión, aumenta la satisfacción del paciente y tiene efectos biológicos positivos.

Esta investigación se plantea estudiar como el medio ambiente lumínico influye en el confort visual del paciente a través de casos de estudio y conocer como el diseño arquitectónico de la fachada y la dimensión de la ventana afecta el comportamiento de la luz natural. Luego se evalúan parámetros de confort lumínico que influyen en el diseño de estrategias pasivas de iluminación natural en cuartos de hospitalización, aportando conocimiento en el uso apropiado de estas estrategias en edificios hospitalarios. Finalmente se desarrollan propuestas de diseño pasivo para mejorar el confort visual del paciente y generar buen desempeño energético.

Se analizaron cuartos de hospitalización dobles (CHD) ubicados en un clima frío semihúmedo, teniendo como caso de estudio el hospital S.E.S de caldas – Colombia; mediante el diagnóstico de variables lumínicas que influyen en el bienestar de los pacientes: factor de luz día, luminancia, iluminancia, factor de uniformidad máxima o extrema, factor de uniformidad media, superficie “En rango” de iluminancias y probabilidad de deslumbramiento por luz día. Además evaluó variables de eficiencia energética: Autonomía de la luz día y demanda energética.

Se examinaron salas con diferentes orientaciones, teniendo en cuenta las características físicas de local, la posición y ángulos visuales de cada paciente y las condiciones climáticas de la región cafetera de Colombia. Para conocer los resultados anuales de la luz natural se realizaron simulaciones utilizando como motor de cálculo el software Radiance, a través de Ecotect, Daysim y Evalglare. Con la finalidad de guiar el diseño y posteriormente definir lineamientos se propusieron estrategias pasivas en el diseño de la ventana para

M_H_S_E_E

mejorar el confort visual y otorgar las condiciones medio ambientales lumínicas óptimas para los pacientes.

El análisis y estudio de caso permitió definir lineamientos para futuros cuartos de hospitalización, concluyendo que por las condiciones climáticas y la iluminación unidireccional, el diseño de la ventana debe considerar no solo su dimensión y posición sino también estrategias de captación acordes a la profundidad del local. Además, demostró el poco conocimiento que hay en la región sobre la implementación de estrategias de diseño pasivo y sirve como referente básico para un diseño arquitectónico saludable considerando que el confort visual es un aspecto clave para el bienestar físico y psicológico de los pacientes.

Los bajos niveles de iluminancia en los CHD del caso de estudio hicieron evidente la necesidad de presentar estrategias de diseño pasivo (EDP) para mejorar la captación de la iluminación natural, mejorar la distribución de iluminancias y disminuir la diferencia en las condiciones del confort visual entre el paciente uno y dos. Por ello, se logró identificar cuatro estrategias que se acercan a los resultados óptimos esperados.



Imagen 1. Perspectiva urbana hospital de Caldas S.E.S.
Fuente <http://www.hospitaldecaldas.com/>

ABSTRACT

The study of the daylight environment in hospital bedrooms has great importance due to the relevance of the human health, the preservation of the environment, and the natural resources, as well as the architecture in response to all this needs. It has been demonstrated that natural lighting affects the patient's recovery times, the regulation of circadian rhythms, reduces stress, increases the feeling of openness and freedom, improves the mood, and reduces the incidence of depression, increases the patient satisfaction and has positive biological effects.

The research aims to study how the daylight environment influences the visual comfort of the patient through case studies and to know how the architectural design of the facade and window size affect the behavior of natural light. Then, lighting comfort parameters that influence in the passive design of natural lighting strategies in hospitalization rooms are evaluated, providing knowledge on the proper use of these hospital buildings. Finally, passive design proposals are developed to improve the visual comfort of the patient and generate good energy performance.

Double hospitalization rooms in semi humid cold weather were analyzed having Caldas – Colombia S.E.S hospital as study case. Through the diagnosis of light variables that influence the patient's welfare: daylight factor, luminance, illuminance, diversity of illuminance, uniformity of illuminance, surface "In Range" of illuminance and daylight glare probability. Besides, variables of energy efficiency were evaluated: daylight autonomy and energy demand.

Rooms with different orientations were examined, taking into account the physical characteristics of the local, the position and viewing angles of each patient and the climatic conditions of the coffee region of Colombia. For the annual results of natural light calculation, simulations were performed using the software Radiance through Ecotect, Daysim and Evalglare. In order to guide the design and then define guidelines, passive strategies in the window design were proposed to improve visual comfort and provide optimal environmental lighting conditions for the patients.

M_H_S_E_E

The analysis and case study allowed to define guidelines for future rooms for hospitalization, concluding that by weather conditions and the unidirectional lighting, the window design must consider not only its size and position but also recruitment strategies commensurate with the depth of the local. It was further demonstrated that there is little knowledge within the region on the implementation of passive design strategies and can serve as a basic referent point for a healthy architectural design whereas visual comfort is key to the physical and psychological wellbeing of patients.

The low levels of illuminance in the double hospitalization rooms of the case of study revealed the need to present passive design strategies to improve natural lighting collection, improve illuminances distribution and diminish the difference in the visual comfort conditions between patients one and two. Thus it was possible to identify four strategies that approach to the optimal expected results.

PALABRAS CLAVE

Iluminación, eficiencia energética, confort visual, diseño de hospitales.

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Medio ambiente lumínico, eficiencia energética y cuartos de hospitalización son variables de estudio de vital importancia para el contexto del hábitat sustentable y la eficiencia energética por su relevancia en la salud humana, la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, así como, por la arquitectura en respuesta a estas necesidades. Los cuartos de hospitalización son un hecho espacial singular y por ende han tenido una inmensa sinergia de estudio, no sólo por sugerir una disminución del consumo energético, sino también por ser un factor vital para las condiciones de confort visual y la mejoría de la salud de los pacientes.

Esta investigación pretendió ampliar el conocimiento en la aplicación de estrategias de diseño pasivo sobre la ventana en cuartos de hospitalización doble en un clima frío semihúmedo, para mejorar las condiciones del confort visual de los pacientes y promover su recuperación, contando con un excelente desempeño energético.

Utilizó la herramienta metodológica descriptiva o diagnóstica mediante un estudio de caso, analizando cuartos típicos dobles del Hospital de Caldas S.E.S. de Manizales – Colombia y posteriormente aplicó estrategias de diseño pasivo sobre la fachada, considerando la ubicación, dimensión y materialidad de la ventana, evaluándolas mediante la integración de indicadores de desempeño lumínico en un tablero para evaluaciones de iluminación natural.

Se estructura de seis capítulos en los que se podrá encontrar, la formulación y planteamiento del problema en el capítulo I enfatizando la importancia de la luz día en la salud humana y el ahorro energético, en el capítulo II la descripción de la metodología, en el capítulo III el protocolo de mediciones y el desarrollo aplicativo de la metodología, en el capítulo IV el análisis de las variables lumínicas y energéticas del estudio de caso para los cuartos típicos de hospitalización doble, en el capítulo V la propuesta, evaluación y análisis de 19 estrategias de diseño pasivas aplicadas a la fachada y finalmente el capítulo VI con las conclusiones y trabajos futuros.

Esta investigación sirve como referente para futuras instalaciones hospitalarias y futuros estudios del medio ambiente lumínico y ahorro energético en cuartos de hospitalización doble, ya que logró identificar cuatro estrategias que se acercan a los resultados óptimos esperados y además, permitió comparar integralmente ocho variables en el diagrama de integración de indicadores de desempeño lumínico para HOSPITALES, hecho que se dificultaba por la cantidad de datos y diferencias de escalas de valor. Así mismo ratificó la importancia de integrar y estudiar dichas variables de análisis en la etapa de formulación y diseño de un proyecto.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

Establecer lineamientos para el uso de estrategias pasivas de diseño lumínico en cuartos de hospitalización doble (CHD) ubicados en un clima frío semihúmedo; que promuevan un medio ambiente lumínico confortable visualmente, con un correcto desempeño energético.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Caracterizar los parámetros lumínicos de análisis que influyen en el confort visual y la demanda energética.
- Realizar un diagnóstico del medio ambiente lumínico, mediante simulación computarizada.
- Proponer estrategias arquitectónicas de diseño pasivo al caso base, según los resultados del diagnóstico.
- Evaluar como los elementos arquitectónicos de fachada y los parámetros lumínicos de análisis, influyen en el confort visual y la demanda energética.

1.3. MARCO TEÓRICO

Medio ambiente lumínico, eficiencia energética y cuartos de hospitalización son variables de estudio de vital importancia para el contexto del hábitat sustentable y la eficiencia energética. La relevancia de la salud humana, la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, así como de la arquitectura en respuesta a estas necesidades, se ve reflejada desde diferentes ámbitos en los antecedentes investigativos presentados a continuación. Estos pretenden ampliar el conocimiento del estado del arte en la materia y ser la base teórica del planteamiento del problema. Desde ahí se puede entender cómo interactúan fenómenos como: la ocupación individual o doble en cuartos de hospitalización, la iluminación natural y artificial, la eficiencia energética, la salud fisiológica, psicológica y la seguridad del paciente y sus familiares, y del personal de atención, entre otros.

(Ulrich et al. 2004) encontraron más de 600 estudios rigurosos que unen una serie de aspectos del entorno construido a la efectividad y el estrés de los funcionarios, la seguridad del paciente, el estrés y la curación del paciente y la familia, la mejora de la calidad global de la asistencia sanitaria y el coste. Sugiriendo que, paralelamente a la medicina basada en la evidencia, se puede pasar al diseño basado en la evidencia (EBD). Con esto concluye que se pueden tomar varias acciones inmediatamente como:

- Proporcionar habitaciones de una sola cama en casi todas las situaciones ya que han demostrado reducir las infecciones nosocomiales, reducir las transferencias intra-hospitalarias y los errores médicos asociados, disminuir considerablemente el ruido, mejorar la confidencialidad y privacidad del paciente, facilitar el apoyo social de las familias, mejorar la comunicación personal con los pacientes y aumentar la satisfacción general de los pacientes con el cuidado de la salud.
- Reducir el estrés y mejorar el sueño de los pacientes proporcionando habitaciones de una sola cama con la instalación de techos fonoabsorbentes de alto rendimiento, y la eliminación de las fuentes de ruido.
- Proporcionar visuales hacia la naturaleza y otras distracciones positivas que reduzcan el estrés de los pacientes.

M_H_S_E_E

- Desarrollar sistemas de señalización que permitan a los usuarios, y en particular a los pacientes ambulatorios y a los visitantes, encontrar su camino de manera eficiente y con poco estrés.
- Mejorar la ventilación a través de la utilización de filtros mejorados, atención a la presurización adecuada y una vigilancia especial durante la construcción.
- Mejorar la iluminación, especialmente el acceso a la luz natural y a la iluminación del espectro completo.
- Diseñar unidades de hospitalización y estaciones de enfermería para reducir la fatiga y las caminatas del personal, aumentando el tiempo de atención al paciente y las actividades del personal de apoyo tales como: el suministro de medicamentos, la comunicación y la cartografía.

(Chaudhury et al. 2003) inspeccionaron las referencias de los artículos que trataban directamente con los problemas de ocupación individual o múltiple en los cuartos de hospitalización, identificando un total de 86 artículos empíricos y 136 artículos no empíricos, concluyendo lo siguiente:

Tabla 1. Categorías, temas y hallazgos relacionados con la ocupación de los cuartos de hospitalización múltiple vs. Individual, basados en la revisión de la literatura.

Categoría	Ocupación del cuarto	Temas y hallazgos
Costos	Ocupación individual	Los costos de operación ↓
		Costos Iniciales ↑
		Las tasas de ocupación ↑
		Duración de la estancia ↓
	Ocupación múltiple	Errores y costos de medicación ↓
		Los costos de operación (inconcluso)
		Costos Iniciales ↓
		Las tasas de ocupación ↓
		Duración de la estancia ↑
		Errores y costos de medicamentos ↑
Categoría	Ocupación del cuarto	Temas y hallazgos
Disminución y control de la infección	Ocupación individual	Tasa de infección nosocomial ↓
		Traslados de pacientes ↓
		Longitud del Paciente de la estancia ↓
		Las infecciones en pacientes con quemaduras ↓
		La transmisión del VHC entre los pacientes ↓
		Transmisión de la adquirida en el hospital diarrea ↓
		Caídas en pacientes que requieren supervisión ↑
	Las caídas en personas de edad avanzada cuando se toman las disposiciones ↓	
	Ocupación múltiple	El aislamiento de los pacientes infectados (inconcluso)
	Infecciones Cuando los pacientes cambian ↑	

Categoría	Ocupación del cuarto	Temas y hallazgos
Diseño hospitalario y efectos terapéuticos		La transmisión de la diarrea nosocomial ↑
		Longitud del Paciente de la estancia ↑
		El acceso a los baños ↓
		Las caídas en los pacientes que requieren la supervisión ↓
		Las caídas en personas de edad avanzada cuando se toman las disposiciones ↓
	Ocupación individual	privacidad ↑
		Medicamentos para el dolor (inconcluso)
		Consulta del paciente con el médico (no concluyente)
		La preferencia del paciente para el diseño de la habitación (no concluyente)
		Nivel de ruido ↓
		Los trastornos del sueño ↓
		Habitaciones de Acuity Adaptable (inconcluso)
		La satisfacción del paciente ↑
		Control del Paciente ↑
		hacinamiento ↑
	Ocupación múltiple	La reducción del estrés a través de la música ↑
		Medicamentos para el dolor (inconcluso)
		Consulta del paciente con el médico (no concluyente)
		La preferencia del paciente para el diseño de la habitación (no concluyente)
		Beneficio de compañeros (inconcluso)
		Nivel de ruido ↑
		Los trastornos del sueño ↑
La satisfacción del paciente ↓		
	Control del Paciente ↓	
	hacinamiento ↑	
	La reducción del estrés a través de la música ↓	

Fuente (Chaudhury, Mahmood and Valente 2003)

- Si bien no hay investigación relevante en costos iniciales y costos de operación, se puede evidenciar una tendencia hacia cuatro factores positivos de cinco en la ocupación individual, frente a dos factores positivos de cuatro y un factor inconcluso en la ocupación múltiple.
- En el caso de la disminución y control de la infección, se evidencia una tendencia de siete factores positivos de ocho en ocupación individual, frente a dos factores positivos de seis y un factor inconcluso en ocupación múltiple.
- Los efectos terapéuticos del diseño hospitalario son tal vez los más relevantes pues tiene: seis factores positivos de siete y tres factores no concluyentes en ocupación individual, frente a siete factores negativos de diez y tres factores no concluyentes en ocupación múltiple.

Rashid y Zimring (2008) citado (ALZOUBI 2010) han explorado los efectos psicológicos directos de la iluminación en los centros asistenciales y discutido como las modulaciones de la luz ayudan a reducir la frecuencia cardiaca, el nivel de actividad y la tasa de respiración de los lactantes. También han explicado la influencia de la luz solar sobre la salud mental y la ingesta de medicamentos para el dolor de los pacientes en las salas de hospitalización. En general, la luz del día en los hospitales tiene una influencia positiva en la salud fisiológica y psicológica de los pacientes.

La luz natural tiene además, gran influencia en la regulación del ritmo circadiano, (Karatsoreos 2012) ilustra que los ritmos circadianos están en todas partes, y que el sistema circadiano utiliza muchos mecanismos diferentes para sincronizarse con el mundo exterior. Así la alteración del ritmo circadiano puede conducir a múltiples problemas fisiológicos y psicológicos, con probabilidades de tener efectos en cascada por todo el organismo y en los sistemas que no están directamente controlados por el reloj. Algunos de los efectos que ilustra, están relacionados con problemas metabólicos y obesidad, cambios funcionales en la regulación de la glucosa, déficits en el aprendizaje y la memoria en paralelo con una clara disminución en la neurogénesis, cambios en el estado de ánimo y el afecto, depresión o una mayor tendencia a mostrar síntomas depresivos.

Dada la omnipresencia de la iluminación eléctrica, de los aparatos y los artefactos en todo momento del día en nuestro mundo, junto con el trabajo y los hábitos sociales que son casi desconectados del día solar, algún nivel de disrupción circadiana es casi una certeza en casi todo el mundo. (Karatsoreos 2012)

Consecuentemente el aprovechamiento de la iluminación natural podrá contrarrestar los efectos de la alteración del ritmo circadiano y mejorar la salud del paciente. Más aún cuando “el beneficio más conocido de la luz solar es su capacidad para aumentar el suministro de vitamina D del cuerpo” (Mead 2008)

(Salonen et al. 2013b) encuentran entre los pacientes que: la luz del día mejora los ritmos circadianos al afectar la producción y regulación de la melatonina, y tiene un efecto positivo sobre el metabolismo de la vitamina D, mejora el sueño, reduce el estrés, alivia el dolor y reduce el uso de medicamentos para el dolor y la medicación analgésica, aumenta la sensación de apertura y libertad, mejora el estado de ánimo y reduce la incidencia de la

depresión, reduce los niveles de agitación para los pacientes con enfermedad de Alzheimer, aumenta la satisfacción del paciente, y aumenta la visión de las personas de edad.

(Shepley et al. 2012) encuentran en un estudio exploratorio evidencia de que el diseño de una nueva instalación con aumento de los niveles de luz y visuales de la ventana puede tener un impacto positivo en la oferta de empleo del personal y el absentismo. Shepley, Gerbi, Watson, & Imgrund (2009) sugieren que las ventanas pueden reducir los síntomas de psicosis en la Unidad de Cuidados Intensivos y que la visión de la naturaleza puede reducir la duración de la estancia, los comentarios negativos de los pacientes y las solicitudes de medicamentos para el dolor; Además, la luz solar puede reducir el dolor y las peticiones de analgésicos. Así mismo Joseph (2006) afirma que la luz brillante puede reducir la depresión de los pacientes. Y Walch et al. (2005) comparan el uso de medicamentos para el dolor en pacientes, cuyas habitaciones se encuentra del lado brillante en comparación con las que se encuentran en el lado oscuro de un hospital, encontrando que los que estaban en el lado brillante fueron expuestos a un 46% de mayor intensidad solar y percibieron menos estrés, menos dolor y tomaron menos analgésicos. Citados en (Shepley, Gerbi, Watson, Imgrund and Sagha-Zadeh 2012)

(Raanaas et al. 2012) evaluaron los beneficios para la salud de la visión de la naturaleza a través de la ventana, encontrando que: los pacientes con una vista panorámica de la ventana a la naturaleza fueron más satisfechos que los que tienen una vista bloqueada. Una vista bloqueada durante la estancia parece haber afectado negativamente la salud mental de los hombres, pero no la de las mujeres. Por otro lado, una vista panorámica de la ventana tuvo un efecto continuo más positivo sobre la salud física de las mujeres. Así mismo encontraron que: una vista al paisaje natural parece tener un efecto más positivo en la salud mental de los pacientes de pulmón que de los pacientes cardíacos.

En los pacientes, vistas de la naturaleza a través de la ventana se han asociado con niveles reducidos de los siguientes resultados: estrés, ansiedad, delirio, depresión, dolor, necesidad de analgésicos fuertes, presión arterial, frecuencia cardíaca, estancias postoperatoria más cortas, reacciones de delirio post-quirúrgicas, trastornos del sueño, alteraciones visuales y alucinaciones. (Salonen, Lahtinen, Lappalainen, Nevala, Knibbs, Morawska and Reijula 2013b)

M_H_S_E_E

Así mismo existe una fuerte evidencia para sugerir que los sistemas acústicos del entorno, la ventilación y el aire acondicionado, el ambiente térmico, el entorno visual (por ejemplo, la iluminación y las vistas de la naturaleza), y las condiciones ergonómicas y muebles tienen efectos beneficiosos para todos los grupos de usuarios en hospitales (Salonen, Lahtinen, Lappalainen, Nevala, Knibbs, Morawska and Reijula 2013b)

Recientemente (Joarder and Price 2012) en una investigación de campo en el Square Hospital Ltd. Localizado en Dhaka, Bangladesh, realizada con 263 pacientes de cirugía de bypass de arteria coronaria, encontraron que la duración de estancia del paciente se reduce en 7,3 horas por cada 100 lx de aumento de la iluminancia de la luz natural, cerca de un punto por encima de la cabeza del paciente; mientras se mantengan constantes algunas variables explicativas, como la presión arterial media, la frecuencia cardíaca y la diabetes mellitus.

En (Salonen et al. 2013a) se sugiere que la exposición adecuada y apropiada a la luz (natural y artificial), junto con el acceso a la luz natural que entra por las ventanas, son características importantes de los centros hospitalarios; que las ventanas se deben ubicar en todas las habitaciones de los pacientes, salas de espera, espacios del personal y cualquier otro lugar donde sea viable; sugiriendo también, que las ventanas se diseñen permitiendo que la luz del día penetre tanto como sea posible en la habitación, claro está analizando la temperatura, el deslumbramiento y los efectos del control y la sombra.

Según (Salonen, Lahtinen, Lappalainen, Nevala, Knibbs, Morawska and Reijula 2013a) los diseños de iluminación deben prestar atención a los colores, la luminosidad, el brillo y las diferencias de reflectancia de los espacios; y el nivel de iluminación requerido para la mayoría de los entornos deben estar en función del tipo de actividades, las características de las tareas visuales, y la edad de los usuarios. Así como, debe existir para un diseño de interiores beneficioso, iluminación indirecta controlada por un regulador de intensidad en todo el perímetro de la habitación, una luz para procedimientos centrales y para tareas pequeñas y luces debajo del mostrador; e interruptores colocados para cada una de las luces en la entrada de cada habitación para atender a situaciones de emergencia, acompañado de un interruptor maestro para controlar todas las luces instaladas que permitan la oscuridad inmediata cuando sea necesario.

Durante el día, los pacientes deben estar expuestos a la luz artificial brillante adecuada cuando la luz natural no está disponible, y en el tiempo nocturno, la luz en las habitaciones de los pacientes deben estar atenuadas lo suficiente para asegurar un buen sueño. En general, los errores médicos se redujeron cuando los niveles de iluminación eran altos. (Salonen, Lahtinen, Lappalainen, Nevala, Knibbs, Morawska and Reijula 2013a)

1.4. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA.

“Habitar es asegurar supervivencia, continuidad y es también una afirmación de la vida y una defensa contra el temor a la muerte. La habitación es un lugar profundamente relacionado con la angustia básica del ser humano, es su alivio”

(Saldarriaga Roa 2002) p. 71.

La arquitectura es el telón de fondo de la cotidianidad y ha existido desde siempre con la principal vocación de proteger al individuo del contexto; desde sus inicios en la caverna como condición básica del habitar hasta nuestros días, es por excelencia un espacio destinado a las actividades humanas, que necesitan protección de la lluvia, del viento, de las condiciones infalibles de la naturaleza.

Mucho se ha dicho sobre las características tangibles e intangibles de las salas de hospitalización y sin embargo, en nuestra condición humana, podemos olvidarnos de cuantas veces fuimos al parque, al teatro, al supermercado, al centro comercial, etc., pero no de la experiencia vivida en una hospitalización, en cuanto nos cuestiona sobre la continuidad de la existencia, y ésta experiencia quedará guardada en lo más profundo de la memoria.

Las salas de hospitalización son entonces un hecho espacial singular y por ende han tenido una inmensa sinergia de estudio; en particular se ha hablado mucho sobre las implicaciones de la ocupación individual, doble o múltiple desde varios factores como: el costo inicial y de funcionamiento, los costos operativos, gastos generales y administrativos, costos de transferencia, costos en la duración de la estancia, los efectos terapéuticos del diseño, la disminución y control de las enfermedades, el aislamiento, la ventilación, la

hospitalización y las transferencias intrahospitalarias, las caídas de los pacientes, distancia y diseño de las estaciones de enfermería y su impacto en la satisfacción del paciente, tiempo de recuperación, etc., y aún, es un campo abierto de estudio, ya que es una unidad pequeña de análisis compleja con múltiples variables de influencia.

Es así, como las condiciones de iluminación natural al interior de los cuartos de hospitalización son también de especial relevancia, no sólo por sugerir una disminución del consumo energético, sino también por ser un factor vital para las condiciones de confort de los pacientes. “La luz del día es una estrategia de desarrollo eficaz y sostenible para mejorar el confort visual, la eficiencia energética y el desarrollo de construcciones verdes” (Li 2010). Adicionalmente “las investigaciones han sido orientadas hacia las aulas escolares y torres de oficinas pero no hacia los centros de salud, en donde las condiciones ambientales óptimas para las situaciones psicológicas de los pacientes son críticas” (Choi et al. 2012).

Los cuartos de hospitalización y en general “la arquitectura hospitalaria tiene (...) retos importantes, como reducir drásticamente el consumo de recursos, pues estos gigantes tienen un funcionamiento continuo y, por tanto, un gasto descomunal de energía y de agua, y generan constantemente fluidos, residuos y gases que han de ser gestionados de forma eficiente”. (promateriales 2010) No.35, p. 26.

La revisión de la literatura demuestra los beneficios de la luz natural, sin embargo existe un número limitado de estudios centrados en el confort visual de los pacientes y la relación entre el diseño de los cuartos y la ventana. Por lo cual, el planteamiento del problema radica en la necesidad de contar con las condiciones favorables mínimas de confort visual al interior de los cuartos de hospitalización, mediante un diseño arquitectónico y de iluminación natural eficiente; así, surgen las siguientes preguntas de investigación en torno a los cuartos de hospitalización doble que se encontraron no resueltas en los antecedentes:

1. ¿Permite el medio ambiente lumínico igualdad de condiciones para los dos pacientes que ocupan el espacio?
2. ¿Cómo afecta la iluminación natural unidireccional del espacio el desempeño en los cuartos de hospitalización?

3. ¿Cuál es la dimensión óptima de la ventana para lograr mejores condiciones de confort visual?

Además de lo anterior, se tiene en cuenta que tipología de cuartos de hospitalización doble es la más utilizada en Colombia y que poco o nada se ha estudiado sobre las condiciones lumínicas de las regiones y apenas se tiene el proyecto de ley Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado público RETILAP, que vincula en su capítulo 4. Diseños y cálculos de iluminación interior, enfocado específicamente a la iluminación artificial, vinculando recomendaciones de iluminancia media, deslumbramiento y factor de luz día.

1.4.1. HIPÓTESIS.

Los cuartos de hospitalización doble (CHD) tienen condiciones lumínicas medio ambientales diferentes para los pacientes que la ocupan, en donde el más lejano a la ventana - paciente uno - está desfavorecido por la falta de acceso al paisaje exterior y a la poca exposición a la luz día; mientras que el más cercano a la ventana – paciente dos – está favorecido por el fácil acceso al paisaje exterior, pero puede estar en malas condiciones de confort visual por la incidencia del sol directo - ver Ilustración 1 y 2.

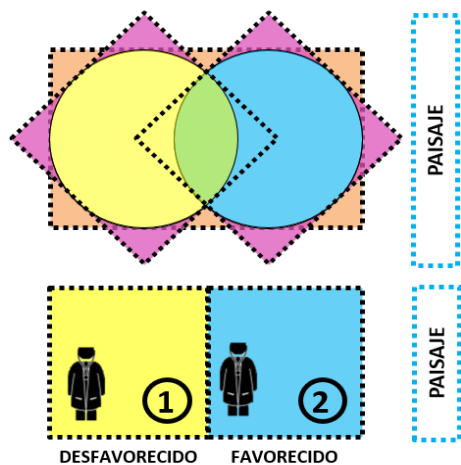


Ilustración 1. Hipótesis.
Fuente: Elaboración propia

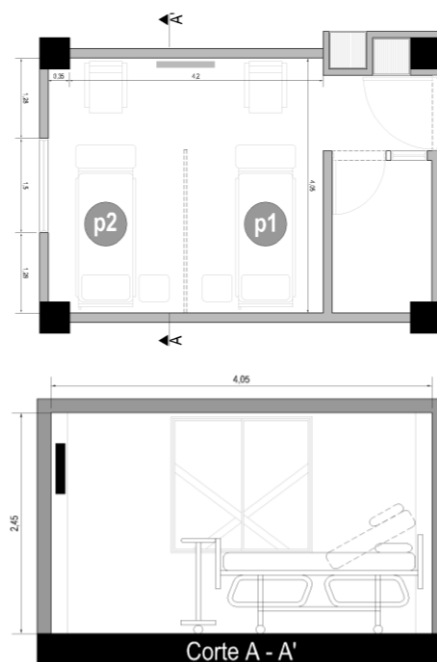


Ilustración 2. Cuarto típico. Planta y Corte A- A'.
Fuente: Elaboración propia

1.4.2. INDICACIÓN DEL APORTE.

Este estudio de caso pretende aportar conocimiento en el uso apropiado de estrategias pasivas de diseño lumínico en edificios hospitalarios, que mejoren el confort visual del paciente, promuevan su recuperación, y cuenten con un excelente desempeño energético. Brindando herramientas a diseñadores hospitalarios, arquitectos, entes reguladores locales y personal hospitalario, sobre las condiciones particulares del comportamiento de la luz natural en CHD, ubicados en climas fríos semihúmedos, bajo condiciones de cielo cubierto e intermedio.

1.5. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para evaluar el medio ambiente lumínico y la eficiencia energéticas de los CHD, se organiza en tres etapas, la primera consiste en definir los factores que influyen en el confort visual de los pacientes y los niveles recomendados para los cuartos de hospitalización, así como su métrica de evaluación. La segunda etapa de tipo explicativa mediante estudio de caso y evaluación a través de herramientas de simulación, consiste en evaluar los factores definidos en la primera etapa en los cuartos de hospitalización doble del caso de estudio. Y por último, la tercera etapa consiste en proponer estrategias arquitectónicas de diseño pasivo al caso de estudio, en coherencia con los resultados del diagnóstico en relación a la dimensión, ubicación y materialidad de la ventana, para evaluarlas a través de herramientas de simulación y analizar los resultados utilizando la integración de indicadores de desempeño lumínico en un tablero para evaluaciones de iluminación natural.

Por la amplitud del estudio, se seleccionaran y levantarán las condiciones lumínicas de los cuartos de hospitalización más representativos. Así mismo, para obtener mayor precisión e ingresar los valores reales en la simulación del estudio de caso, serán medidos in situ los porcentajes de reflexión de las superficies de los cuartos de hospitalización y se incluirá el mobiliario teniendo en cuenta que (ALZOUBI 2010) comparando los valores de luz previstos en los espacios arquitectónicos antes de la ocupación del edificio, con los obtenidos después de la ocupación del edificio, encontró cambios significativos en el nivel de

iluminancia y el factor de luz día, en relación a la ocupación del hospital y a los parámetros del diseño internos. Por lo tanto, los índices de reflexión de las superficies, la ocupación del edificio y la distribución del mobiliario interior, pueden aumentar significativamente el nivel de iluminación en las habitaciones de los pacientes y afectar el rendimiento de la luz natural.

Finalmente para obtener mayor precisión de los resultados, se utiliza como motor de cálculo el software Radiance, a través de los programas Daysim y Evalglare, de igual manera se utiliza el software Ecotect para la visualización de los resultados; pudiendo conocer los niveles de comodidad visual alcanzados.

1.5.1. CASO DE ESTUDIO

La investigación se realizará en un clima frío semihúmedo; teniendo como caso de estudio el Hospital de Caldas S.E.S. de Manizales – Colombia. Construido en 1960, remodelado arquitectónicamente y reforzado estructuralmente en el segundo semestre del año 2.007 (año de su reinauguración); cuenta con 17.051m² de lote y con 21.000m² de construcción. El área de hospitalización ubicada al sur del complejo tiene cinco pisos – ver Imagen 2, en donde los cuartos de hospitalización del 3ro al 4to piso tienen ocupación doble y en el 5to ocupación individual – ver Imagen 3 .

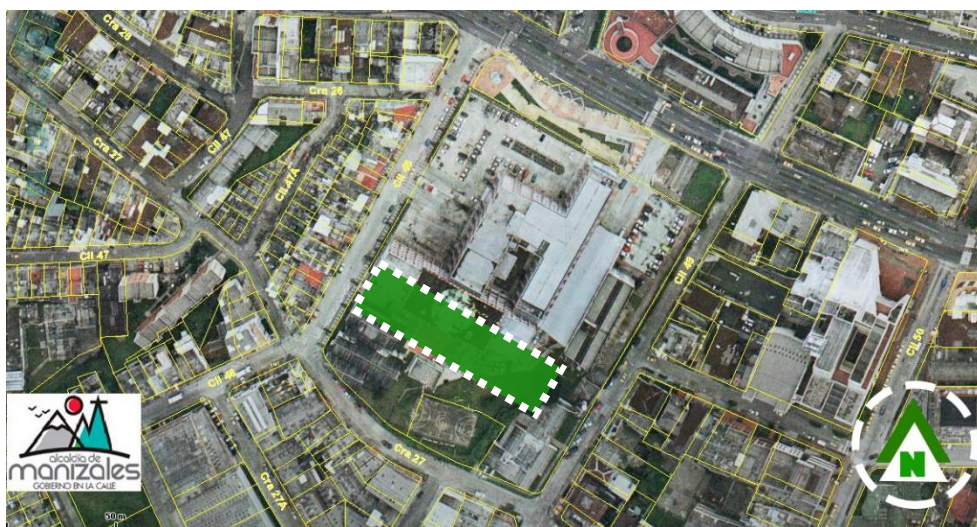


Imagen 2. Ortofotomapa Hospital de Caldas _ bloque A2 _ localización cuartos de hospitalización medicina interna.

**Fuente sistema de información geográfica SIG, Alcaldía de Manizales. 2010.
<http://181.143.241.13/appflex/CONSULTA%20TEMATICA/>**

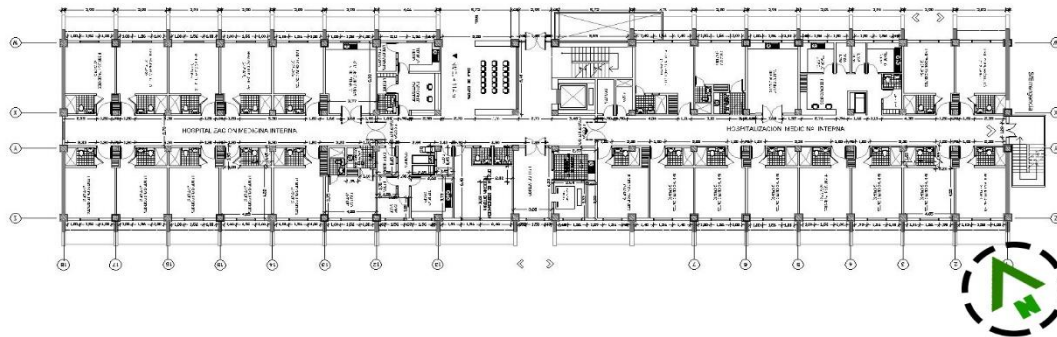


Imagen 3. Planta tipo piso 3, 4 y 5_ hospitalización medicina interna del Hospital Departamental de Caldas.

Fuente: Planos arquitectónicos suministrados por el Hospital.

1.5.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

El hospital de Caldas S.E.S. ubicado en Manizales, ciudad de la región andina de Colombia que se caracteriza por ser de clima bimodal: cada año tiene dos temporadas secas que parten desde los solsticios (junio 21 y diciembre 22) y dos húmedas a partir de los equinoccios (marzo 21 y septiembre 22) (Duque Escobar 2014). Tiene un promedio de 222 días con lluvias, una temperatura promedio de 17°C, un total de 1530mm de precipitación anual, una humedad relativa del 84% y un promedio de brillo solar de cuatro horas al día.

Para realizar la clasificación climática del área de estudio, este trabajo utiliza como referente la clasificación climática de Caldas – Lang, por ser de uso común en Colombia.

“La clasificación establecida por Caldas y aplicada al trópico americano se basó solo en los valores de temperatura con respecto a su variación altitudinal y no latitudinal. Por su parte, Lang fijó los límites de su clasificación teniendo en cuenta una sencilla relación entre la precipitación y la temperatura. Ninguno de los dos sistemas, por sí solos, tiene aplicabilidad o funcionalidad aceptables, por lo cual Schaufelberger en 1962 propuso su unificación e implementó el sistema de clasificación climática de CALDAS – LANG que por lo mismo, utiliza la variación altitudinal de la temperatura, que indica los pisos térmicos y la efectividad de la precipitación que muestra la humedad” (Instituto Colombiano de Hidrología Heteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT) 1991) p. 12.

Por su parte Caldas estableció una clasificación climática según la altura sobre el nivel del mar como se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Clases de clima según Caldas.

Pisto térmico	Rango de altura en m	Temperatura en °C	Variación de altitud por condiciones locales
Cálido	0 a 1000	$T > 24$	Límite Superior ± 400
Templado	1001 a 2000	$24 > T \geq 17.5$	Límite Superior ± 500 Límite Inferior ± 500
Frío	2001 a 3000	$17.5 > T \geq 12$	Límite Superior ± 400 Límite Inferior ± 400
Páramo	Bajo	3200 a 3700	$12 \geq T > 7$
	Alto	3701 a 4200	$T < 7$

Fuente: (Instituto Colombiano de Hidrología Heterología y Adecuación de Tierras (HIMAT) 1991)

Y, en el año de 1915, Richard Lang estableció una clasificación climática basada en la relación obtenida al dividir la precipitación anual (P, en mm) por la temperatura media anual (T, en °C) como se muestra en Tabla 3. Este cociente se llama también índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang: Fl.

Tabla 3. Clases de clima según Lang.

COCIENTE P/T	CLASE DE CLIMA
0 a 20.0	Desértico
20.1 a 40.0	Árido
40.1 a 60.0	Semiárido
60.1 a 100.0	Semihúmedo
100.1 a 160.0	Húmedo
Mayor a 160.0	Superhúmedo

Fuente: (Instituto Colombiano de Hidrología Heterología y Adecuación de Tierras (HIMAT) 1991)

Dando como resultado la clasificación climática Caldas – Lang de Schaufelberger 1962, que cuenta con 25 tipos de climas mostrados en la Tabla 4, que tienen en cuenta la elevación del lugar, la temperatura media anual y la precipitación total media anual (República de Colombia. Ministerio de Ambiente and Instituto de Hidrología 2005) p. 78.

Tabla 4. Clasificación climática Caldas – Lang.

TIPO CLIMÁTICO	CLAVE
Cálido Superhúmedo	C S H
Cálido Húmedo	CH
Cálido Semihúmedo	C s H
Cálido semiárido	C s a
Cálido árido	CA
Cálido desértico	CD
Templado Superhúmedo	T S H
Templado Húmedo	TH
Templado Semihúmedo	T s H
Templado semiárido	T s a
Templado árido	TA

M_H_S_E_E

Templado desértico	T D
Frío Superhúmedo	F S H
Frío Húmedo	F H
Frío Semihúmedo	F s H
Frío semiárido	F s a
Frío árido	F A
Frío desértico	F D
Páramo Bajo Superhúmedo	PBSH
Páramo Bajo húmedo	P B H
Páramo Bajo Semihúmedo	PB s h
Páramo Bajo Semiárido	PB s a
Páramo Alto Superhúmedo	P A S H
Páramo Alto Húmedo	P A H
Nieves perpetuas	N P

Fuente: (Instituto Colombiano de Hidrología Heteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT) 1991)

Con esta metodología y analizando los datos climáticos (República de Colombia. Ministerio de Ambiente and Instituto de Hidrología 2005) se puede establecer que:

- Con una temperatura mínima media anual de 11,9°C, una temperatura máxima media anual de 21,5°C, una temperatura promedio anual de 17°C y 2150msnm; como clima Frío.
- Y con un índice P/T de 90 según la relación precipitación anual (1530mm) sobre temperatura promedio (17°C); como semihúmedo.

El clima para el objeto de estudio es frío semihúmedo bimodal con dos temporadas secas que parten desde los solsticios (junio 21 y diciembre 22) y dos húmedas a partir de los equinoccios (marzo 21 y septiembre 22). En consecuencia las simulaciones se realizaran para los solsticios con condiciones de cielo intermedio y para los equinoccios en condiciones de cielo cubierto.

1.5.3. SELECCIÓN DE LAS HABITACIONES DE ESTUDIO.

Las CHD en el Hospital S.E.S. de Caldas están ubicados en el tercero y cuarto piso, divididos en el ala norte y en ala sur. Teniendo en cuenta que (Choi 2005) no encontró diferencia en las mediciones realizadas entre el piso 8vo y 16avo, en este caso sólo se analizaran las del cuarto piso, pues se asume que entre el 3ro y 4to piso es aún más innegable que no exista diferencia significativa. Así mismo (Choi 2005) encontró que puede existir una pequeña diferencia entre las habitaciones ubicadas en los extremos de la planta de cada piso,

debido a factores externos como presencia de edificaciones aledañas, por lo cual, se escogen como referencia para el estudio las habitaciones de la zona media de la planta.

En total se van a evaluar cuatro habitaciones, dos del ala norte y dos del ala sur; dos orientadas hacia el noreste (habitación 410 – 421), y dos orientadas hacia el suroeste (habitación 404 – 415) - Ilustración 3. Los CHD seleccionados tiene la misma dimensión de la ventana tipo pero con y sin riostras (sistema de reforzamiento estructural), en relación a su ubicación, de la fachada norte, se seleccionaron la habitación 421 con riostra y la 410 sin riostra, y en la fachada sur, habitación 404 con riostra y 415 sin riostra; permitiendo ver el impacto del sistema de reforzamiento estructural del edificio, sobre el desempeño de la iluminación natural.

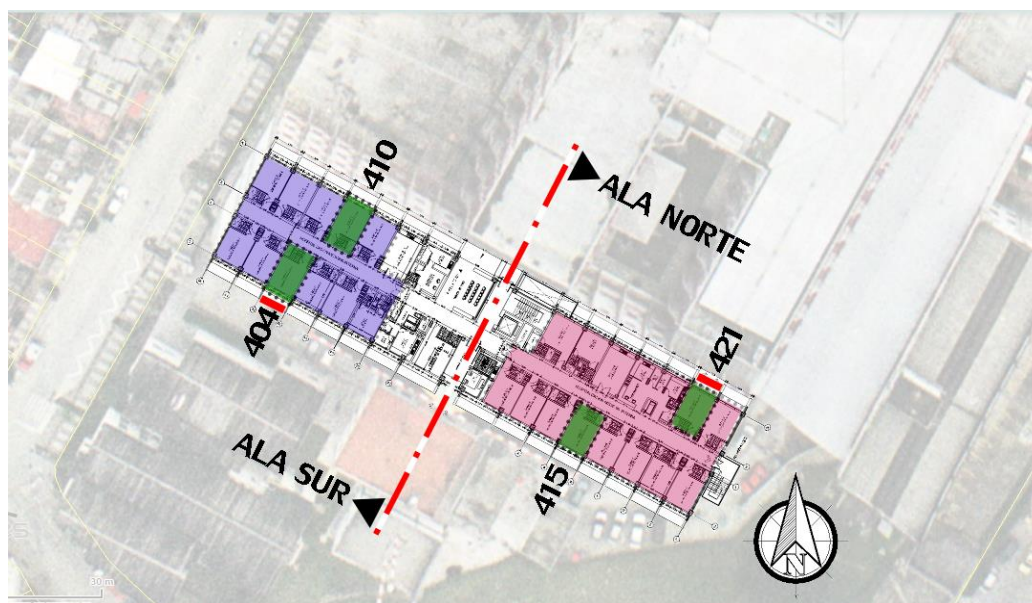


Ilustración 3. Localización cuartos de hospitalización a estudiar
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II. PARÁMETROS DE ANÁLISIS

Para la evaluación del medio ambiente lumínico de los CHD se definieron los parámetros lumínicos que influyen en el diseño del confort visual y la eficiencia energética, y al mismo tiempo se definieron las métricas para cuantificar dichos parámetros a partir de las tareas visuales propias del paciente; estas se describen a continuación en dos grandes grupos, las variables de análisis del medio ambiente lumínico que influyen en el confort visual de los pacientes y las variables de análisis de la eficiencia energética que influyen en el demanda energética por iluminación en los CHD.

2.1. VARIABLES DE ANÁLISIS MEDIO AMBIENTE LUMÍNICO.

Los parámetros lumínicos que inciden sobre el confort visual de los pacientes son la iluminancia y la luminancia, por lo cual, son los factores a estudiar resaltando que éstos permiten desarrollar las tareas visuales de manera eficiente, aumentar la satisfacción de los pacientes y propiciar un mejor desempeño energético.

El primer factor evaluado fue la “iluminancia (E)” que mide la cantidad de luz que llega sobre una superficie de trabajo, es de vital importancia en las salas de hospitalización porque garantiza los niveles mínimos para que los pacientes reciban la luz del día y accedan a los beneficios para la salud y el bienestar de ésta. Los parámetros utilizados para evaluar la iluminancia, es el factor de luz día (DF), el nivel de iluminancia (E), la superficie “en rango de iluminancias” (UDI) y la distribución de iluminancias; esta última, incluye el factor de uniformidad máxima o extrema ($U_{máx}$) y el factor de uniformidad media (U_{med}).

El segundo factor evaluado fue la “luminancia (L)” que mide la cantidad de luz reflejada hacia los ojos del observador, es de vital importancia en los CHD porque garantiza un buen contraste entre los objetos de la tarea, el fondo y el campo de visión. Los parámetros utilizados para evaluar la luminancia son la probabilidad de deslumbramiento por luz día y la distribución de luminancias, que se divide a su vez en dos, Luminancia 1 (L1) y luminancia 2 (L2).

Esta investigación basa parte de su metodología en la Tesis realizada por (Choi 2005) para obtener el título de Master of science de la universidad de Texas A&M; y en el artículo integration of lighting performance indicators into a dashboard for daylighting assessments de (Piderit and Besser 2013). Por lo cual, se van a estudiar los siguientes variables de iluminación natural interior – ver Tabla 5.

Tabla 5. Variables de análisis - iluminación natural.

Función	Variable
Análisis de Iluminación interior	Factor de luz día
	Nivel de Iluminancia
	Factor de uniformidad máxima o extrema
	Factor de uniformidad media
	Superficie “En rango”
	Distribución de Luminancias
	Probabilidad de deslumbramiento por luz día.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1. FACTOR DE LUZ DÍA (FLD)

Este indicador permite comparaciones rápidas de la penetración de la luz natural en el espacio en condiciones de cielo cubierto. No aplica para otras condiciones del cielo (Piderit and Besser 2013). Considerándose un buen factor de referencia para la ciudad de Manizales, ya que cuenta con un promedio anual de brillo solar de cuatro horas al día (República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía -Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y Ministerio de Ambiente 2005) ver Imagen 4.

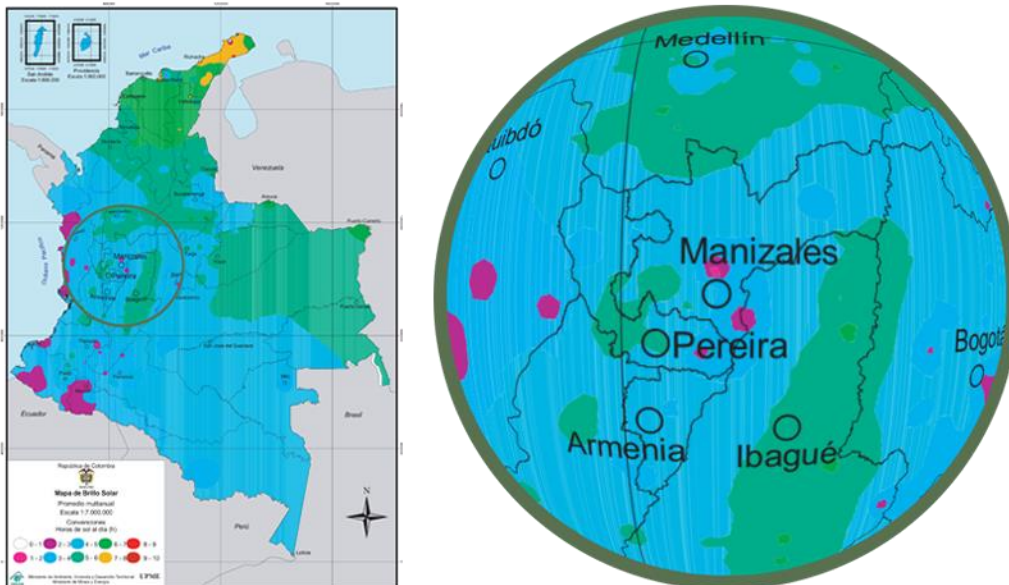


Imagen 4. Mapa de brillo solar. Promedio multianual.
Fuente: Atlas de radiación solar de Colombia. Edición propia.

Se tiene como referencia los valores citados por (Choi 2005) con el FLD recomendado según el tipo de tarea por Stein, B. and Reynolds, J.S. 2000. *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, ninth edition. New York. John Wiley & Sons, Inc.- Tabla 6; y según el tipo de espacios con iluminación por un solo lado, por Thomas, R. 1996. *Environmental Design – An Introduction for Architects and Engineer*. London, England. E & FN - Tabla 7.

Tabla 6. Factor de luz día recomendado por tipo de tarea.

Tarea	FLD
Tareas ordinarias como: lectura, empaçado o trabajo de oficina fácil.	1.5 – 2.5%
Tarea de dificultad media como: lectura prolongada, o trabajo con herramientas normales.	2.5 – 4.0%
Tarea difícil y prolongada como: pintar, corrección de pruebas, trabajo fino en máquinas, e inspección de cosas finas	4.0 – 8.0%

Fuente: (Choi 2005)

Tabla 7. Factor de luz día recomendado por espacio con iluminación por un solo lado.

Espacio	Mínimo	Promedio
Salones en viviendas	0.5%	1.5%
Salones de clases	2.0%	5.0%
Oficinas – en general	2.0%	5.0%
Hospital	1.0%	5.0%

Fuente: (Choi 2005)

Así como los valores recomendados en el Coeficiente de Luz diurna del Capítulo 4. Diseños y cálculos de iluminación interior del reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP, del ministerio de minas y energía de Colombia - Tabla 8.

Tabla 8. Coeficiente de luz diurna.

Clasificación de la tarea		
Dificultad	CLD Prom. %	Ejemplos típicos de aplicación
Reducida	1	Circulación, depósitos de materiales toscos, etc.
Mediana	2	Inspección general, trabajo común de oficina.
Alta	5	Trabajos de costura, dibujo, etc.
Muy alta	10	Montaje e inspección de mecanismos delicados.

Fuente: (República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía 2010)

Y lo planteado por Bülow-Hube (2001), que considera que puede ser necesaria la luz artificial cuando se logra un FLD inferior al 2%, citado en (Piderit and Besser 2013). Por otro lado (Piderit and Besser 2013), afirman que con un FLD mayor al 20%, los niveles de iluminancia que se pueden obtener en el espacio son extremadamente altos, en conjunto con un alto riesgo de deslumbramiento. Por lo tanto consideran que un nivel intermedio aceptable se logra cuando el FLD oscila entre el 2 - 5%. Esto indica que la luz del día puede ser suficiente para la comodidad visual, pero también podría ser necesaria la luz artificial. En

consecuencia, un FLD que oscila entre el 10 - 20% se considera como un buen nivel de luz del día, pero el deslumbramiento también puede ocurrir. Concluyendo que, el rango óptimo se encuentra entre el 5 - 10%, lo que indica que el plano de trabajo estaría bien iluminado, permitiendo la autonomía de la luz del día en el salón de clases.

Finalmente analizadas las recomendaciones anteriores, se asume como FLD mínimo aceptable un porcentaje del 2%, evitando el uso de la iluminación artificial; y un promedio del 6%, ya que es el valor medio para una tarea difícil y prolongada, que indica un FLD entre el 4 y el 8%; teniendo en cuenta, la permanencia del paciente en el espacio, más que la dificultad de la tarea, y permite además, ubicarse en el rango óptimo del plano de trabajo que se encuentra entre el 5 y el 10% - ver Tabla 9.

Tabla 9. Factor de luz día. Escala de valor

Factor de luz día				
<2	>20	2-5	10-20	5-10
Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Excelente

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

2.1.1. ILUMINANCIA (E)

“La iluminancia es la cantidad de flujo luminoso por unidad de área que incide sobre una superficie, la unidad es el lumen por metro cuadrado (lm/m^2) y se denomina lux (lx) (...) su aplicación práctica es cuantificar la cantidad de luz que llega a una superficie (...) la iluminancia es independiente del tipo de superficie sobre la cual incide el flujo luminoso y por lo tanto es independiente de sus propiedades físicas reflectoras, transmisoras o absorbentes” (Asociación Argentina de Luminotecnia 2001) p. 41-42.

Este indicador es de uso frecuente en el diseño lumínico y aunque no representa específicamente la percepción visual del observador por ser una medida física “Hay algunas recomendaciones para las tareas dependiendo del tipo de edificio y de espacio” (Choi 2005) p. 31-32. En la Tabla 10 se muestran algunas de ellas y se le adicionan las recomendadas del capítulo 4. Diseños y cálculos de iluminación interior del reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP, que son adaptados de la norma ISO 8995 “*Principles of visual ergonomics - The lighting of indoor work systems*”.

Tabla 10. Niveles de E recomendados para cuartos de hospitalización

E	CIBSE (2002)	IES (2000)	RETILAP (2012)
E general	100lx	75-200lx	50-100-150lx
E lectura	300lx	200-350-500lx	150-200-300lx
Exámen	-	-	200-300-500lx
Circulación nocturna	-	-	3-5-10lx

Fuente: CIBSE, IESNA, RETILAP. Elaboración y edición propia.

Por lo anterior se decide trabajar con 300lx como valor mínimo de iluminancia, teniendo en cuenta que es el valor utilizado en la metodología de referencia y que en últimas este factor influye directamente en la salud visual, en aspectos psicológicos, fisiológicos y en el estado de ánimo de los pacientes.

Y en complemento se utiliza la escala de valor propuesta por (Piderit and Besser 2013) que establece como rango aceptable 300 a 2000lux, indicando que hay suficiente luz para realizar las tareas visuales comunes dentro del aula, sin necesidad de utilizar luz artificial para la comodidad visual. Según muestra la Tabla 11, se considera: que entre 2000 - 5000 lux puede caer demasiada luz sobre el plano de trabajo, y por lo tanto, podría ser necesaria una estrategia de control solar; por encima de 5000 lux, la realización de tareas visuales puede ser impedida por el deslumbramiento; entre 200 y 300lux puede haber veces en el período analizado donde los niveles de iluminación natural serían demasiado bajos, por lo que el tamaño de las ventanas y el tipo de acristalamiento debe ser revisado; y por debajo de 200lux podría ser imposible realizar tareas visuales sin luz artificial complementaria.

Tabla 11. Iluminancia media. Escala de valor.

Iluminancia media				
<200	>5000	200-300	2000-5000	300-2000
Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Excelente

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

2.1.2. FACTOR DE UNIFORMIDAD MÁXIMA O EXTREMA (Umáx)

Este factor evidencia los cambios de iluminancia en el espacio, en donde, además de tener una iluminancia promedio que esté dentro de los niveles requeridos, es necesario contar con una distribución uniforme de la iluminancia en el espacio.

El Umáx es el resultado de la iluminancia máxima sobre la iluminancia mínima de los valores obtenidos en el plano de trabajo analizado y no debe exceder una relación 5:1.

Umáx=Emáx/Emin. No hay lineamientos específicos para los hospitales, por lo cual se utilizan valores recomendados para un plano de trabajo en los cuartos de hospitalización dobles (Choi 2005).

2.1.3. FACTOR DE UNIFORMIDAD MEDIA (Umed)

Al igual que el factor de uniformidad máxima o extrema, este factor muestra la adecuada distribución de la iluminancia en el espacio. El Umed es el resultado de la iluminancia mínima sobre el promedio de la iluminancia en el plano de trabajo analizado. $Umed = Emin/Emed$.

El Umed al igual que el Umáx no tiene lineamientos específicos para hospitales, por lo cual se utiliza como referencia la escala de valor establecida por (Piderit and Besser 2013) para salones de clase, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Factor de Uniformidad. Umed. Escala de valor

Factor de uniformidad				
<0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	>0.5
Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Excelente

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

El valor objetivo propuesto es lograr una relación de uniformidad mayor que 0,5, en concordancia con lo que se estipula en la norma EN 12464-2 (Comité Europeo de Normalización, 2007). Para los rangos intermedios, se aprobó la propuesta Boletín Edificio 87 (Architects & Building Branch, 2003), que establece que los salones de clase iluminados lateralmente deben lograr una relación de uniformidad de al menos 0,3 a 0,4. Por lo tanto, el rango de entre 0,4 y 0,5 sería una uniformidad aceptable, y el rango de 0,3 a 0,4 sería el intermedio. Por último, los valores por debajo de 0,3 indicarían que existirían zonas con demasiado contraste, lo que afecta negativamente el confort visual. Esta última gama también se dividió en dos niveles, para una mejor comprensión de la actuación uniformidad luz del día. (Piderit and Besser 2013) p. 3037.

Como se puede evidenciar en el texto anterior, la escala de valor es coherente a los requerimientos de las salas de hospitalización, teniendo en cuenta, que se utilizan valores establecidos para salones de clase iluminados lateralmente, estableciéndose la relación entre ambos casos por la dirección unilateral de la iluminación natural.

De igual forma, es de resaltar que cuando se estudia la iluminación natural estos valores son óptimos, teniendo en cuenta que iluminar por una sola fachada representa limitantes en las estrategias de diseño; todo lo contrario a la iluminación artificial que busca valores por encima de 0.7 o 0.8.

2.1.4. SUPERFICIE “EN RANGO” DE ILUMINANCIAS

Este indicador se basa en la evaluación de los rangos de iluminancia previstos dentro del espacio, lo que permite dimensionar el porcentaje del área del aula que logra el objetivo de diseño propuesto (Bodart & Andersen, 2008) citado en (Piderit and Besser 2013). Por lo tanto, en concordancia con la iluminancia media, el rango óptimo sería 300-2000 lux.

Del mismo modo, se utiliza la escala de desempeño propuesta por (Piderit and Besser 2013) para aulas escolares, conociendo la ausencia de referencias para cuartos de hospitalización.

Como se muestra en la Tabla 13 (Piderit and Besser 2013) definen que el mejor escenario sería entonces lograr un porcentaje por encima del 80% de la superficie de la sala de clases dentro de la gama de iluminancia. Esto indicaría que la mayor parte de la superficie del salón de clases está bien iluminado, con una alta cobertura de la luz del día. Por otro lado, cuando menos del 20% de la superficie de la sala de clases alcanza niveles de iluminación "en rango" en el plano de trabajo, se espera una proporción considerable de su superficie mal iluminada, con una baja cobertura de la luz del día. Y finalmente escalonan los intervalos entre una cobertura alta y baja proporcionalmente, a fin de transmitir en qué porcentaje se cumple el objetivo de diseño.

Tabla 13. Superficie "en rango". Escala de desempeño

Superficie "en rango"				
<20	20-40	40-60	60-80	>80
Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Excelente

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

2.1.5. LUMINANCIA (L)

“la luminancia caracteriza la fuente o superficie emisora en una dirección y es una magnitud de singular importancia pues es la que aprecia el ojo. Está relacionada con la

sensación visual de claridad, a pesar de que no son directamente equivalentes. La unidad de la luminancia es la candela por metro cuadrado (cd/m^2) (...) la luminancia puede variar con la posición de la fuente y con la dirección desde donde se la observa” (Asociación Argentina de Luminotecnia 2001) p. 45.

Los valores recomendados en la Tabla 14, por Stein, B. and Reynolds, J.S. 2000. *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, ninth edition. New York. John Wiley & Sons, Inc. presentan la relación máxima de luminancias en el espacio y serán utilizadas según lo propuesto en (Choi 2005). Una relación de luminancias mínima y máxima en la pared del televisor de 40 a 1 y una relación de luminancias entre un punto en el televisor y un punto en la posición típica de los ojos de cada paciente con una relación de 10 a 1.

Tabla 14. Relación de máxima de Luminancia

Relación máxima L	Descripción
1 a 3	Entre la tarea y el fondo
1 a 10	Entre la tarea y la superficie remota más oscura
1 a 10	Entre la tarea y la superficie remota más iluminada
20 a 1	Entre las luminarias y las superficies adyacentes a ellas
40 a 1	En todo el campo de visión

Fuente: (Choi 2005)

A su vez, se tendrá en cuenta que luminancias superiores a $500\text{cd}/\text{m}^2$ en los objetos de la tarea son consideradas como deslumbrantes (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) and Comité Español de Iluminación (CEI) 2005) p.26, que un valor umbral promedio de $\sim 800\text{cd}/\text{m}^2$ produce escenas “ligeramente perturbadoras” en el campo visual (Inanici and Van Den Wymelenberg 2009) y que un valor umbral promedio de $2.000\text{cd}/\text{m}^2$ en la parte despejada de la ventana se encuentra dentro de una relación aceptable, si se asume que la tarea tiene un monitor de computador LCD con un promedio de luminancia de $200\text{cd}/\text{m}^2$, manteniendo una relación de luminancia máxima de 10: 1 entre la ventana y la tarea (Lee et al. 2007). Este último valor se asume por la semejanza de la luminancia de la pantalla del computador y del televisor.

2.1.6. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO POR LUZ DÍA

Según la CIE, deslumbramiento se define como la condición particular que podría causar molestias o podría reducir el rendimiento visual, la visibilidad y la capacidad de definir

detalles y objetos, causado por una inadecuada distribución de luminancias, o por un alto contraste de luminancias dentro del campo visual. (Bellia et al. 2015) p. 1.

La CIE (...) explicita los dos tipos diferentes de deslumbramiento: 1. El discapacitante o fisiológico que provoca un deterioro de las funciones visuales, causando la pérdida de sensibilidad para captar los contrastes y 2. El discomfortante o psicológico, tipo de molestia visual que conduce a una sensación subjetiva de malestar. Es el resplandor o brillo que produce una sensación desagradable, sin que sea necesario impedir la visión. (Pattini et al. 2009) p. 171.

La probabilidad de deslumbramiento por luz día “DGP” por sus siglas en inglés, desarrollada por Wienold y Christoffersen, que representa el “porcentaje de gente perturbada” y es basado en reacciones humanas causadas por el deslumbramiento de la luz día, en el lado iluminado de una oficina con persianas venecianas, requiere de la iluminancia vertical en el ojo, la luminancia de la fuente de deslumbramiento, del ángulo sólido de la fuente y del índice de posición de la fuente (Kleindienst and Andersen 2009).

En este caso se estudia la probabilidad de deslumbramiento por luz día con la clasificación propuesta por Wienold, que organizó los índices de DGP en términos humanos, calificando el deslumbramiento dentro del campo de visión como imperceptible <35%, perceptible entre el 35% -40%, perturbador entre el 40% -45%, e intolerable >45%. Citado en (Piderit et al. 2011) p. 778.

2.2. VARIABLES DE ANÁLISIS EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Para la evaluación del medio ambiente lumínico de los CHD se definieron también los parámetros lumínicos que inciden sobre la eficiencia energética del edificio; esto, considerando el potencial de ahorro energético por el aprovechamiento de la luz natural y el desuso de la luz artificial en el día. Los parámetros analizados son la autonomía de la luz día y la demanda energética por iluminación. Se analizarán las variables de la Tabla 15 que influyen en la eficiencia energética de los cuartos de hospitalización.

Tabla 15. Variables de análisis - Eficiencia energética

Función	Variable
Análisis de la Eficiencia energética	Autonomía de la luz día
	Demanda energética

Fuente: elaboración propia

2.2.1. AUTONOMÍA DE LA LUZ DÍA

Este indicador muestra el porcentaje de un período analizado donde la luz del día es suficiente para lograr el objetivo de la iluminación en el plano de trabajo. El objetivo del diseño es obtener una adecuada autonomía de iluminación natural, evitando el uso de la luz artificial durante el período de ocupación (Piderit and Besser 2013).

Para el análisis de esta variable se tiene en cuenta el nivel de iluminancia mínimo de 300lux establecido con anterioridad y se establece como valor objetivo propuesto un 80% del tiempo de ocupación según (Leslie et al., 2010) citado en (Piderit and Besser 2013); y así mismo, se asume el valor del 20% como el peor de los casos, adoptando la escala de valor propuesta por (Piderit and Besser 2013) mostrada en la Tabla 16 para la autonomía de la luz día. De ahí que alcanzar un porcentaje igual o superior al 80% en esta variable, indicaría que la luz del día sería suficiente durante la mayor parte del tiempo de hospitalización diurna del paciente, alcanzando el confort visual; y por lo tanto, también indicaría un alto potencial de ahorro de energético. Esta escala de valor puede ser entendida como excelente, buena, aceptable, regular y mala.

Tabla 16. Autonomía de la luz día. Escala de comportamiento.

Autonomía de la luz día (%)				
<20	20-40	40-60	60-80	>80
Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Excelente

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

2.2.2. DEMANDA ENERGÉTICA

Es la cantidad de energía necesaria para satisfacer una necesidad, en este estudio es la demanda energética para suplir los requerimientos de iluminación al interior del espacio, en los casos, en que la iluminación natural no supla la necesidad de lograr el objetivo mínimo de 300lux, y por lo tanto, se requiera complementar con iluminación artificial. La medida será el porcentaje de tiempo que se requiera iluminación artificial.

Para resolver este objetivo es necesario asumir un sistema de iluminación artificial, su potencia de iluminación y un periodo de ocupación, por lo cual se asumen las siguientes determinantes:

- Potencia instalada: El capítulo 7. parámetros de iluminación recomendados, en el punto 7.1 Iluminación de unidades de hospitalización o habitaciones de los pacientes, de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en iluminación, para hospitales y centros de atención primaria (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) and Comité Español de Iluminación (CEI) 2001) establece que además de la iluminación general, los cuartos de hospitalización requieren iluminación adicional para el reconocimiento y tratamiento de los pacientes, así como, para la vigilia del personal durante la noche.

De hecho esta guía, en el capítulo 12. Casos prácticos de proyectos de rehabilitación, punto 2. Unidad de hospitalización de dos camas, realiza una propuesta de iluminación para un cuarto típico de hospitalización de 4,6 x 5,5 x 2,8m; con dos luminarias de cabecera y dos luminarias de empotrar.

Cada lámpara de cabecera está compuesta por una fluorescente lineal de 36w para la luz indirecta, una fluorescente compacta de 36w para la luz directa y dos balastos electrónicos de 36w cada uno. Cada luminaria de empotrar tiene una lámpara fluorescente lineal con tubo T5 de 28w y balastro electrónico. Logrando un nivel de iluminación de 375lux, y una potencia instalada de lámpara más equipo de 206w por habitación.

Consecuentemente, se utiliza el ejercicio anterior como referencia, dada la similitud de las dimensiones con el caso de estudio e inclusión de los tres tipos de iluminación requeridos en un cuarto de hospitalización. En conclusión la demanda energética se establece con una densidad de potencia de 206w por habitación, correspondiente a 11.2w/m², ya que la habitación del estudio de caso mide 4.55x4.05m, con un área de 18.4m².

- Periodo de ocupación: todos los días del año por su funcionamiento, de seis de la mañana a seis de la tarde, periodo constante a lo largo del año por la posición geográfica sobre la línea del ecuador, para un total de 4380 horas al año.

M_H_S_E_E

En la Tabla 17, se muestra el cálculo de la demanda energética anual teniendo en cuenta la potencia instalada, el periodo de ocupación y los metros cuadrados de los CHD.

Finalmente, se utiliza la escala de valor propuesta por (Piderit and Besser 2013) mostrada en la Tabla 18 en donde un porcentaje menor al 20% es lo óptimo y representa que se tiene una baja demanda de energía por iluminación, contrario a un porcentaje del 80% que representaría una alta demanda energía por iluminación. La relación de escala de la Tabla 18 está determinada con base en la potencia instalada en kWh/m²año calculada en la Tabla 17.

Tabla 17. Demanda energética anual - kWh/m²año.

CHD	w	Ocupación h/año	m ²	w/m ²	kWh/año	kWh/m ² año
404	206	4380	18,4	11,20	902,28	49,0
410	206	4380	18,4	11,20	902,28	49,0
415	206	4380	18,4	11,20	902,28	49,0
421	206	4380	18,4	11,20	902,28	49,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Demanda energética. Escala de valor – kWh/m²año

Demanda energética (%)				
>49	37,8 - 49	24,6 - 36,8	12,4 - 24,5	<12,3
Malo	Regular	Aceptable	Bueno	Excelente

Fuente: elaboración propia

2.3. HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN LUMÍNICA

Como herramienta de simulación lumínica para el análisis de las variables se utilizará el software Ecotect Analysis como programa base, complementado con los programas Radiance - Daysim y Evalglare, teniendo en cuenta las limitaciones del Ecotect en el cálculo de reflexiones, la consideración de los tipos de cielo y la evaluación del deslumbramiento. La ventaja principal de las métricas de rendimiento dinámico (como Radiance) en comparación con las métricas estáticas (como Ecotect) es que consideran la cantidad y el carácter de las variaciones diarias y estacionales de la luz del día para una obra determinada, junto con eventos meteorológicos irregulares (Reinhart et al. 2006)

- Autodesk® Ecotect® Analysis sustainable design analysis software, es una herramienta de diseño integral del concepto al detalle de la construcción sostenible. Ecotect Analysis ofrece una amplia gama de funcionalidad de análisis de simulación y

creación de energía que puede mejorar el rendimiento de los edificios existentes y los nuevos diseños de edificios (AUTODESK 2014)

- Radiance es un conjunto de programas para el análisis y la visualización del diseño de la iluminación. Los archivos de entrada especifican la geometría de la escena, los materiales, las Luminarias, hora y fecha y las condiciones de cielo. Los valores calculados incluyen radiancia espectral (luminancia es decir. + Color), la irradiancia (iluminancia + color) y los índices de deslumbramiento.
- La principal ventaja de Radiance sobre simples cálculos de iluminación y herramientas de renderizado es que hay pocas limitaciones en la geometría o los materiales que pueden ser simulados (RADIANCE 2014). La clave de Radiance es el motor de cálculo, Backward ray-tracing algorithms que considera los rayos de la fuente de luz y los rayos desde el punto de visión de manera independiente, estos siguen la luz "hacia atrás" es decir desde el ojo a las superficies y a continuación a las fuentes de luz y a las superficies del modelo.
- Daysim es validado por Radiance, y permite a los usuarios modelar sistemas dinámicos, acristalamientos conmutables y combinaciones de los mismos. Los modelos de simulación van desde métricas de iluminación natural basados en el clima, como la autonomía luz del día, la iluminancia útil de la luz del día para el deslumbramiento anual y el uso de energía de alumbrado eléctrico. Daysim también genera programaciones horarias de ocupación, las cargas de iluminación eléctrica y el estado del dispositivo de sombreado.
- Los usuarios pueden especificar con mayor detalle los sistemas y controles de iluminación eléctrica complejos que incluyen interruptores manuales, sensores de ocupación y fotocélula controlado oscurecimiento (DAYSIM 2014)
- Evalglare es una herramienta que se desarrollaron en el Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energía Solar (ISE) y permite evaluar las condiciones de deslumbramiento en imágenes de alto rango dinámico (HDR) (FRAUNHOFER ISE 2014)

2.4. PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

Dada la complejidad de estudiar la iluminación natural por su alto grado de variabilidad durante el día y las diferentes épocas del año, se identificaron dos tipos de cielo característicos en Manizales para evaluar mediante un análisis estático la E, L1, L2 y DGP, realizando las simulaciones en los equinoccios con cielo cubierto por ser el inicio de las temporadas de lluvias y en los solsticios con cielo intermedio por ser el inicio de las temporadas de sequías, en marzo, junio y diciembre a las 9, 12 y 17 horas para cada caso; logrando con esto, la posibilidad de revisar del comportamiento del medio ambiente lumínico en las tres épocas particulares del año. Por otra parte, con el ánimo de obtener el resultado del comportamiento anual del medio ambiente lumínico, se evaluó el DF, DA, UDI y DE mediante un análisis dinámico, sabiendo que éste permite examinar los resultados de manera general y rápida para optimizar las estrategias de diseño en poco tiempo.

Para el análisis estático y dinámico se utilizaron los parámetros de simulación de la Tabla 19 tomados de referencia del artículo Energy saving through the sun: analysis of visual comfort and energy consumption in office space (TAGLIABUE et al. 2012). Y específicamente, en la simulación del DF, DA y UDI realizado a través de Daysim, no se asumió el horario de verano pues no aplica para la posición geográfica de Manizales, la ocupación se calculó de lunes a viernes desde las 6 hasta las 18 horas¹ sin tiempo de descanso, con una ocupación anual de 3132 horas y una E mínima requerida de 300lux, sin instalación dinámica de sombreado.

Tabla 19. Parámetros Radiance - Daysim

Ambient bounces	Ambient divisions	Ambient super - samples	Ambient resolution	Ambient accuracy	Limit reflection	Direct jitter
5	1000	20	300	0.1	6	0

Fuente: (TAGLIABUE, BUZZETTI and AROSIO 2012)

¹ Este horario de ocupación no contempla los fines de semana debido a que el programa tiene estandarizado el horario de oficina de lunes a viernes, sin embargo, se exportaron los resultados obtenidos del archivo .ill a Excel y se realizó el análisis estadístico contemplando el Factor de luz Día, la autonomía de la luz día e índices de la luz día, <300, en el rango de 300-2000 y >2000. El cálculo de la demanda energética se realizará contemplando el horario de ocupación de 365 al año por 12 horas de luz día diaria, para un total de 4380 horas anuales.

Para determinar las dimensiones de las grillas de análisis y su ubicación, se estudiaron los ángulos visuales típicos de los pacientes en los CHD, de ahí que, se expone que el campo visual del paciente uno y dos abarca todo el plano de la pared de fondo del televisor y que el campo visual del paciente 1 no abarca la ventana, mientras que el campo visual del paciente 2 abarca más de la mitad del área de la ventana - Ilustración 4.

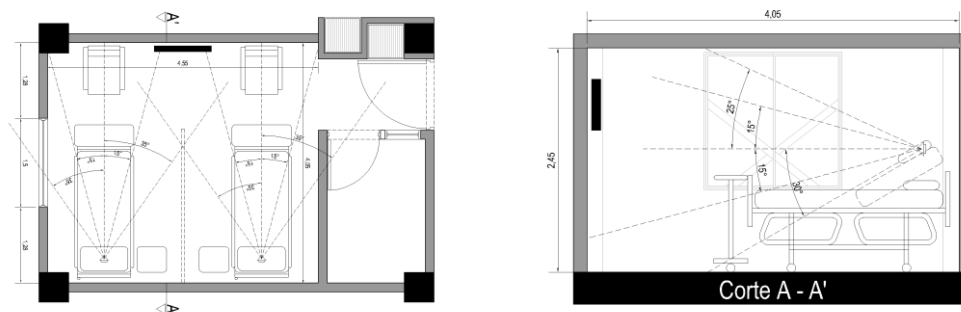


Ilustración 4. Ángulos visuales típicos. Planta y Corte A - A'.
Fuente: Elaboración propia

Como resultado, la iluminancia para los CHD se mide sobre un plano de trabajo horizontal, mediante una grilla de 4,20m de largo por 3,50m de ancho con 113 sensores cada 0,35m, a una distancia de 1,1m por ser la altura típica de una cama médica - Ilustración 5.

La luminancia uno (L1) que mide la relación de luminancias en la pared de fondo del televisor, se evalúa sobre una grilla de medición vertical de 4,20m de largo por 1,75m de alto, en la que se ubican los sensores cada 0,35m; con 13 sensores a lo largo por seis a lo alto, se tiene un total de 78 sensores; esta se aparta 0,65m del piso teniendo en cuenta la obstrucción generada por la cama en el campo visual - Ilustración 6.

La luminancia dos realiza el análisis de relación de luminancias entre un punto en el televisor y un punto en el ojo del observador; así como, entre un punto en la ventana y un punto en el ojo del observador. Lo anterior permite evaluar la luminancia directa e indirecta y diferenciar la afectación lumínica de la ventana para el paciente uno y dos. Como se muestra en la Ilustración 7, se situó un sensor en la pantalla del televisor a 1,83m del piso centrado en el espacio, girándolo -8° en la vertical con relación al eje de visión; y dos sensores a 1,35m del piso en la cabecera de la cama de cada observador, girándolos 21° hacia el centro de la habitación, simulando el movimiento de la cabeza del paciente para enfocar la pantalla del TV. Y el punto en la ventana, se situó en la mitad de ésta a una altura de 1,65m del piso.

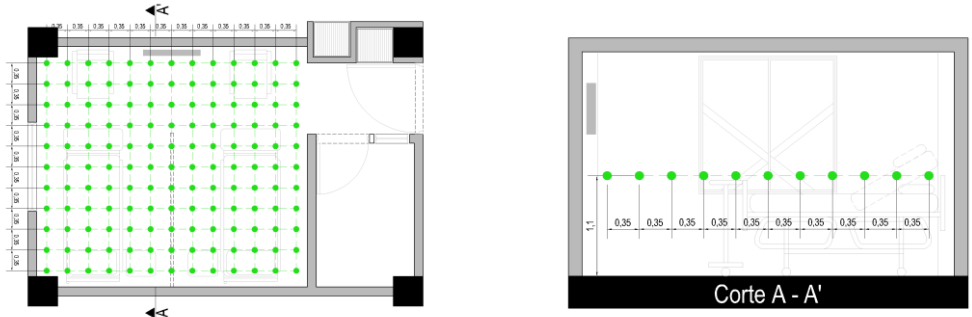


Ilustración 5. Grilla de análisis. Iluminancia. Planta y Corte A - A'.
Fuente: Elaboración propia

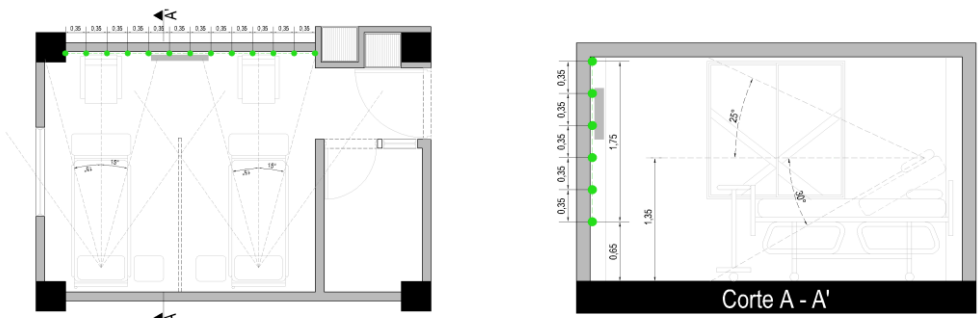


Ilustración 6. Grilla de análisis. Luminancia 1. Planta y Corte A - A'.
Fuente: Elaboración propia

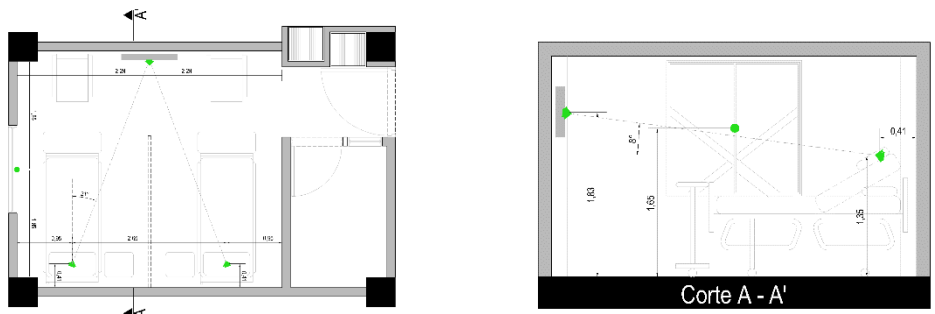


Ilustración 7. Sensores de Medición. Luminancia 2. Planta.
Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, para tener mayor precisión en los resultados, es necesario medir la reflexión de la superficies, teniendo en cuenta que, la reflectancia de las superficies interiores de un local y de su equipamiento afectan el nivel de iluminación (Pattini 2000). Se mide el factor de reflexión de las superficies de dos cuartos típicos, con el luxómetro Delta OHM HD 2102,1, con su Fococelda, LP 471 PHOT (iluminancia). Como se muestra en la Imagen 5, se midió primero la iluminancia 1 o reflejada a 10cm +/- 2cm de distancia de la superficie con la foto celda del luxómetro apuntando hacia ésta, y después la iluminancia 2 o incidente con la foto celda sobre la superficie, como se muestra en la Imagen 6; teniendo en cuenta el

apéndice B evaluación del factor de reflexión, de la norma oficial mexicana, condiciones de iluminación en los centros de trabajo NOM-025-STPS- 2008 (Estados Unidos Mexicanos and Secretaría del Trabajo y Previsión Social 2008) que así mismo, define el factor de reflexión de la superficie (Kf) con la siguiente ecuación:

$$Kf = \frac{E1}{E2} \quad (100)$$

Las mediciones son realizadas en la noche con iluminación artificial y con cortinas cerradas, logrando que no existan fluctuaciones de iluminancia al interior del espacio, ya que de realizarse en el día no habría correspondencia entre la iluminancia incidente y la reflejada.

Las mediciones se realizaron después de 20 minutos de encendida la lámpara, con el ánimo de que ésta llegue a su potencia máxima, teniendo en cuenta el punto A.2.1 del apéndice A, evaluación de los niveles de iluminación de la norma oficial mexicana, condiciones de iluminación en los centros de trabajo NOM-025-STPS-2008 (Estados Unidos Mexicanos and Secretaría del Trabajo y Previsión Social 2008), que establece que cuando las mediciones se van a realizar con luz artificial se deben encender las lámparas con antelación permitiendo que el flujo de luz se estabilice. Así mismo se vigila el no interferir en la proyección de la luz, evitando dar sombra al punto de medición.



Imagen 5. E1. Iluminancia reflejada
Fuente: Elaboración propia

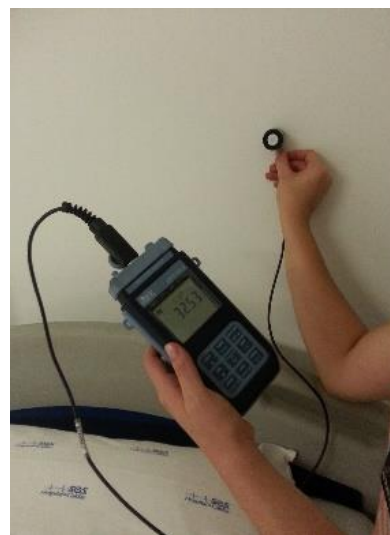


Imagen 6. E2. Iluminancia incidente
Fuente: Elaboración propia

Los cuartos estudiados están ubicados en el 5to piso, en donde predominan las habitaciones individuales, porque la ocupación de las habitaciones del 4to piso es muy alta y

M_H_S_E_E

no fue posible acceder a ellas. Sin embargo, las superficies tienen las mismas dimensiones y tienen el mismo mobiliario. Por lo anterior, algunas casillas se encuentran vacías ya que el cuarto 503 está amoblado con una sólo cama, y no permitía los mismos puntos de medición que el cuarto 521 que está amoblado con dos camas.

Se midieron siete puntos en las paredes, cuatro puntos en el piso, uno en la superficie horizontal de cada cama, uno en la barra inferior de cada cama, uno en la mesa de noche de cada paciente, uno en la mesa auxiliar, uno en la cortina de la ventana y dos en las riostras rojas de las ventanas.

No se midió la superficie del cielo raso por la dificultad de acceder hasta dicha altura, ni la de la superficie de la cortina divisoria del espacio entre el paciente uno y dos, dado que los cuartos disponibles para las mediciones no contaban con ella. El porcentaje de reflexión del cielo raso será tomado de los valores obtenidos en la pared, y el de la cortina será tomado de la cortina ventana.

La Tabla 20 muestra las 39 mediciones tomadas en situ, de donde se pudo sacar el porcentaje promedio de los valores de reflexión de las superficies de los cuartos 503 y 521; con una mediana de 1,53%, con un promedio de 0,42% y con una oscilación máxima de 7,2%, se puede concluir que las mediciones representan bien el porcentaje de reflexión de las superficies.

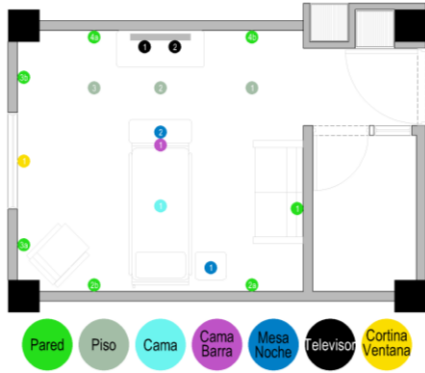
En el cuadro comparativo de estas, se presentó una anomalía en la medición de la pantalla del televisor, ya que al comparar las mediciones de las dos habitaciones, se tienen una diferencia porcentual del 15%, razón por lo cual, se decide sacar el promedio de las dos, ya que existe la misma tendencia entre los sensores uno y dos de la habitación 503 y misma tendencia entre los sensores uno y dos de la habitación 521.

En la Ilustración 8, se pudo observar la ubicación de los puntos de medición por tipo de superficie en la habitación 503, y en la Ilustración 9 se pueden observar los puntos de medición por tipo de superficie de la habitación 521. La relación de alturas de estos puntos se evidencia en la Tabla 20.

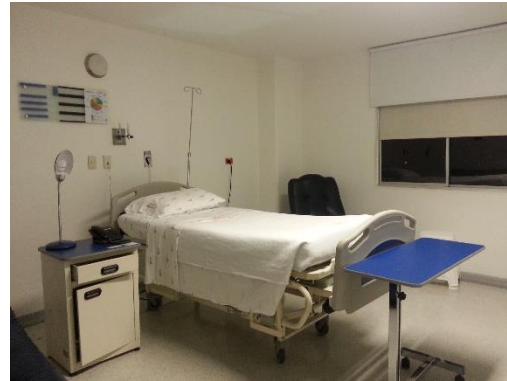
Tabla 20. Datos de medición - Reflexión de las superficies internas – habitación 503 – 521.

HABITACIÓN			503			
SUPERFICIE	Referencia	Altura	E1 Reflejada	E2 Insidente	Porcentaje	Porcentaje Promedio
PARED	1	1,2	24,7	35,9	68,80	72,95
	2a	1,2	29,3	37,1	78,98	
	2b	1,2	30	44,5	67,42	
	3a	1,2	21,8	35,2	61,93	
	3b	1,2	37,3	50,2	74,30	
	4a	1,2	70,3	89,3	78,72	
PISO	1	0	40,6	94,5	42,96	40,59
	2	0	55,1	145,5	37,87	
	3	0	45,6	111,4	40,93	
CAMA	1	0,82	84,2	117,8	71,48	71,48
CAMA BARRA	1	1,1	20,5	32,5	63,08	63,08
MESA DE NOCHE	1	0,72	9,5	58	16,38	12,45
	2	0,72	21,3	250	8,52	
TELEVISOR	1	1,6	25	99,9	25,03	25,01
	2	1,6	26,5	106	25,00	
CORTINA VENTANA	1	1,2	36,1	48,4	74,59	74,59
HABITACIÓN			521			
SUPERFICIE	Referencia	Altura	E1 Reflejada	E2 Insidente	Porcentaje	Porcentaje Promedio
PARED	1	1,2	32,8	42,5	77,18	80,19
	2a	1,2	33,3	42,6	78,17	
	2b	1,2	31	40,2	77,11	
	3a	1,2	29,9	36,4	82,14	
	3b	1,2	39,9	49,5	80,61	
	4a	1,2	68,1	82,1	82,95	
PISO	1	0	48,4	102,5	47,22	45,65
	2	0	67,1	158,6	42,31	
	3	0	53	123,6	42,88	
	4	0	59,4	118,3	50,21	
CAMA	1	0,9	37,5	66	56,82	64,66
	2	0,9	55,1	76	72,50	
CAMA BARRA	1	1,07	32,6	59,7	54,61	59,12
	2	1,07	20,3	31,9	63,64	
MESA DE NOCHE	1	0,72	12,5	69,8	17,91	13,98
	2	0,72	15,2	151,1	10,06	
TELEVISOR	1	1,55	9,5	109,5	8,68	9,33
	2	1,55	11	110,1	9,99	
CORTINA VENTANA	1	1,2	38,5	52	74,04	74,04
RIOSTRA VENTANA	1	1,65	3,3	45,5	7,25	5,74
	2	1	1,7	40,2	4,23	
Comparación de la reflexión de las superficies en Habitación 503 - 521						
HABITACIÓN	503	521	Diferencia	Promedio		
PARED	72,9	80,19	-7,24	77		
PISO	40,6	45,65	-5,07	43		
CAMA	71,5	64,66	6,82	68		
CAMA BARRA	63,1	59,12	3,96	61		
MESA NOCHE	12,4	13,98	-1,53	13		
TELEVISOR	25,0	9,33	15,68	17		
CORTINA VENTANA	74,6	74,04	0,55	74		
RIOSTRA VENTAN	N/A	5,74	N/A	6		
MEDIANA					-1,53	
PROMEDIO					-0,42	

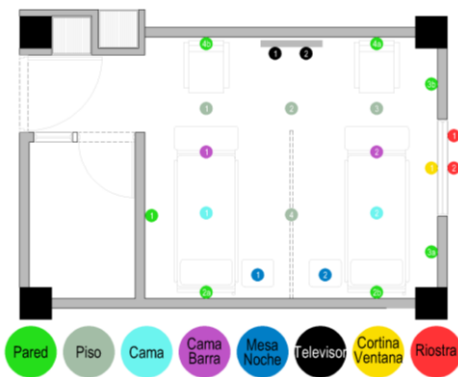
Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 8. Puntos de medición (Kf) en planta.
Habitación 503.
Fuente: Elaboración propia**



**Imagen 7. Habitación 503. Fuente propia.
Fuente: propia**



**Ilustración 9. Puntos de medición (Kf) en planta.
Habitación 521.
Fuente: Elaboración propia**



**Imagen 8. Habitación 521.
Fuente: propia**

CAPÍTULO III. ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO

3.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO CONFORT VISUAL EN RELACIÓN A LA ILUMINANCIA

3.1.1. FACTOR DE LUZ DÍA, AUTONOMÍA DE LA LUZ DÍA Y SUPERFICIE EN RANGO

La Tabla 21, muestra los resultados de las simulaciones realizadas para las cuatro tipologías de CHD: Factor de luz Día, autonomía de la luz día e índices de la luz día, <300, en el rango de 300-2000 y >2000. En esta se puede evidenciar, que el factor de luz día tiene un promedio del 2,67% para las habitaciones 415 y 410 sin riostra y un 3,07% para las habitaciones 404 y 421 con riostra; lo cual demuestra que se está en un nivel intermedio aceptable por debajo del 6% requerido, sin embargo, el análisis gráfico en la Tabla 22 evidencia que más de la mitad de los CHD se encuentran con promedios por debajo del 2%. Los resultados de este análisis evidencian que el impacto de las riostras en la ventana es del 0,04% considerándose mínimo.

El UDI <300lux oscila entre el 31% y 33% para los CHD con riostra y entre el 27% y 28% para los CHD sin riostra; en el rango de 300-2000lux entre 58% y 59% para los CHD con riostra, y entre 61% y 62% para los CHD sin riostra; y >2000 en el 8% para los CHD con riostra y entre el 10% y 11% para los CHD sin riostra. Concluyendo que la riostra no genera mayor afectación en los índices de luz día – ver Tabla 21.

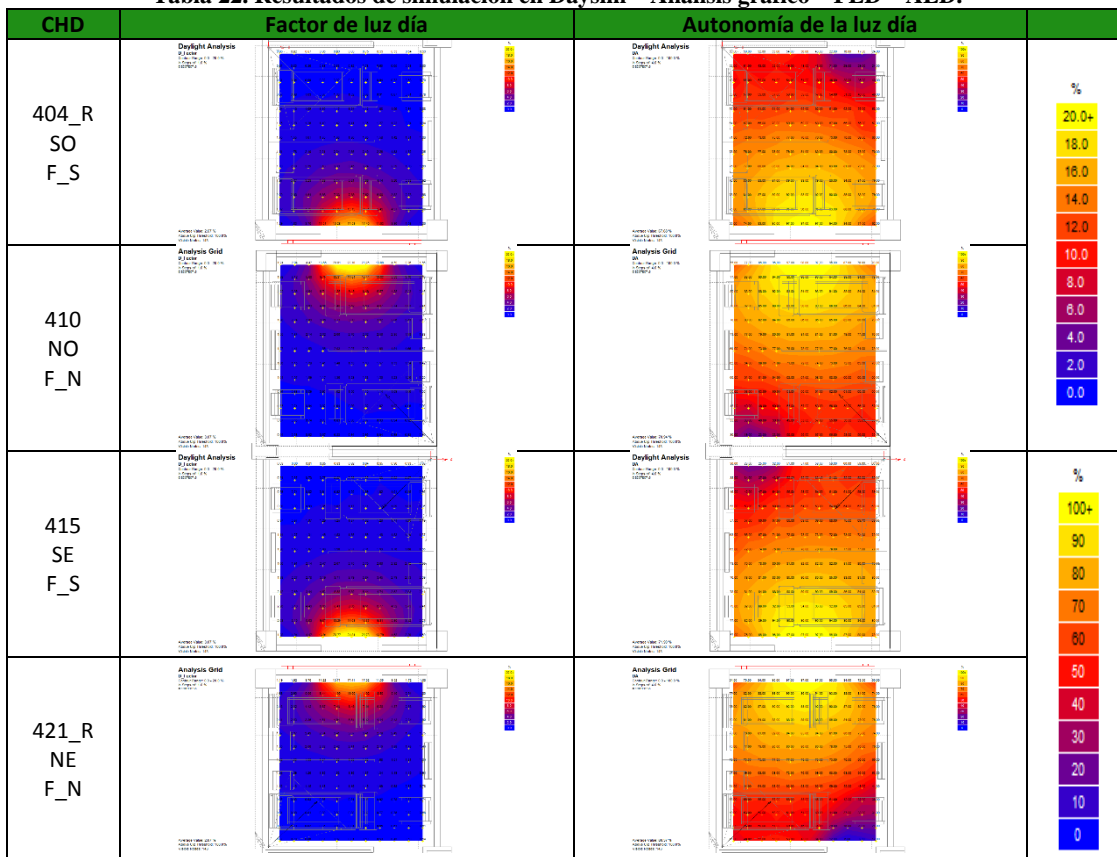
Tabla 21. Resultados de simulación en Daysim (%) - Tabla numérica

CHD	Factor de luz día	Autonomía de la luz día	UDI <300	UDI 300 - 2000	UDI >2000
404_R	2,67	68,3	31,6	59,7	8,6
410	3,07	71,5	28,5	62,4	9,1
415	3,07	72,6	27,4	61,9	10,7
421_R	2,67	66,9	33,1	58,9	8,1

Fuente: Elaboración propia

La autonomía de la luz día, dio un resultado bueno en correspondencia a la escala de valor asumida, con porcentajes entre el 71% y 73% para los CHD sin riostras y entre el 66% y 68% para los CHD con riostras – ver Tabla 21.

Tabla 22. Resultados de simulación en Daysim – Análisis gráfico – FLD – ALD.



Fuente: Elaboración propia

En el análisis de la autonomía de la luz día - Tabla 23 – se estable una diferencia del 26% anual entre el paciente uno y dos siendo el paciente uno el más desfavorecido.

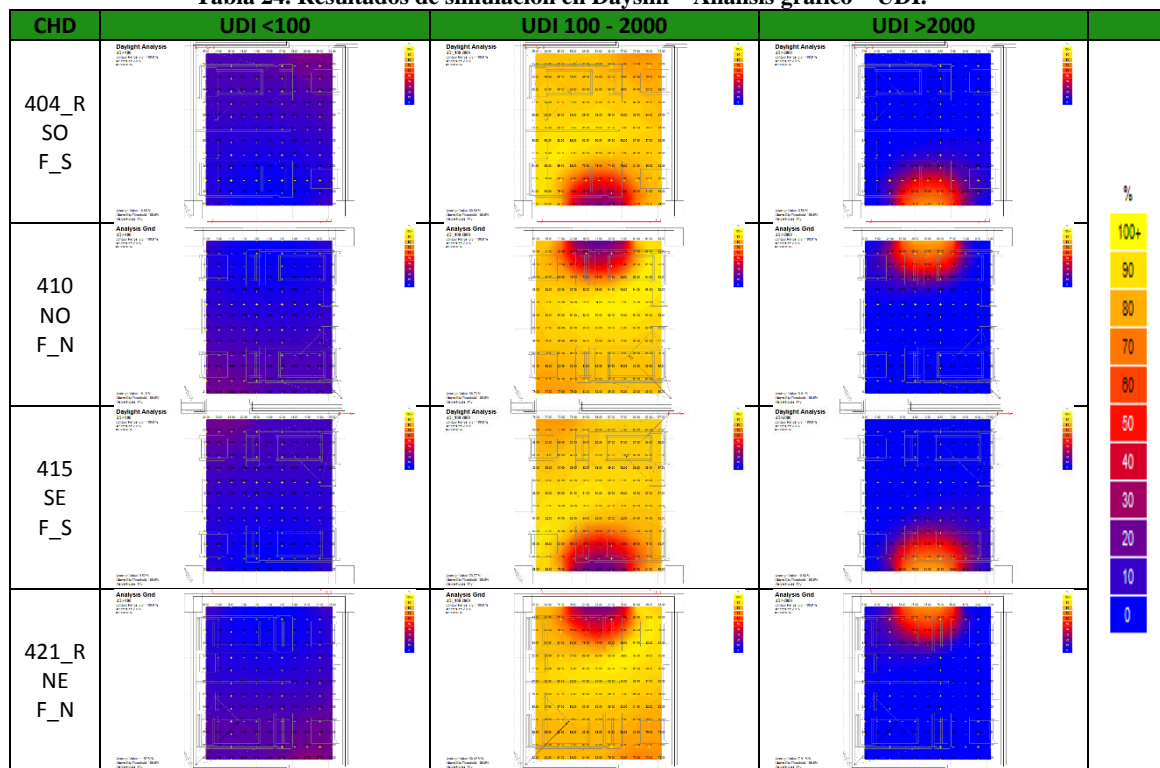
Tabla 23. Autonomía de la luz día

CHD	% anual	P1 % anual	P2 - % anual
404	68,3	55,2	82,1
410	71,5	59,6	84
415	72,6	61,4	84,3
421	66,9	52,7	81,9
Promedio general anual	70%	57%	83%

Fuente: Elaboración propia

El análisis gráfico de la Tabla 24 UDI >2000lux muestra porcentajes alrededor de la ventana entre el 48% y 76% para la habitación 404 y 421 y entre el 55% y 81% para la habitación 410 y 415, estos evidencian el riesgo de deslumbramiento sobre la ventana para el paciente dos, contrario a la situación del paciente uno, que presenta porcentaje cero en todas las habitaciones.

Tabla 24. Resultados de simulación en Daysim – Análisis gráfico – UDI.



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 1, Gráfico 3, Gráfico 5 y Gráfico 7 se observa que el UDI<300 tiene una diferencia aproximada del 25% entre el paciente uno y dos; que en el UDI en el rango 300 – 2000lx tiene una diferencia aproximada del 10% entre el paciente uno y dos; y que el UDI>2000lx es casi nulo para el paciente uno, mientras que para el paciente dos está alrededor del 17%. En estos gráficos de promedio anual, se puede establecer claramente que el paciente uno tiene condiciones menos favorables para el confort visual que el paciente dos.

Así mismo, en los Gráfico 2, Gráfico 4, Gráfico 6 y Gráfico 8 de iluminancia estacional, se puede establecer que el desempeño de la Iluminancia en los CHD es constante anualmente, corroborando que las condiciones para el paciente uno se requieren estrategias de captación por los altos porcentaje del UDI<300, mientras que para el paciente dos estrategias de control de iluminación natural por los altos porcentajes del UDI>2000.

M_H_S_E_E

Finalmente se puede concluir que la autonomía de la luz día está en un rango de cumplimiento bueno mientras que el factor de luz día está en un rango aceptable. Sin embargo, los porcentajes anuales de las condiciones lumínicas de los pacientes uno y dos por separado, crean necesidades diferentes para lograr un adecuado confort visual, mientras que el paciente uno requiere estrategias de captación, el paciente dos requiere de estrategias de control de la luz día; siendo estos aspectos relevantes para la salud psicológica y fisiológica de los pacientes. Además, sería óptimo alcanzar un porcentaje de por lo menos el 80% en la autonomía de la luz día, considerando la importancia de ésta en la demanda energética.

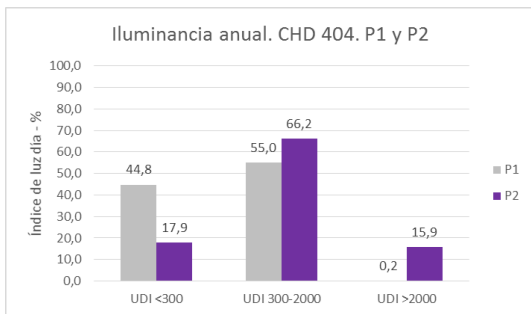


Gráfico 1. Iluminancia anual. CHD 404.
Fuente: Elaboración propia

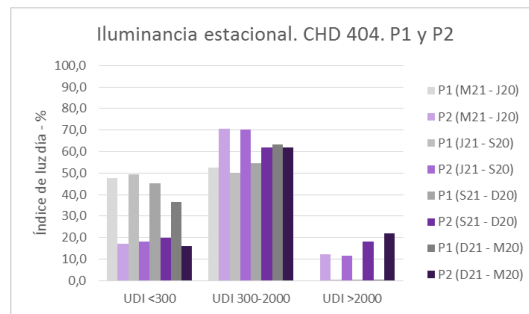


Gráfico 2. Iluminancia estacional. CHD 404.
Fuente: Elaboración propia

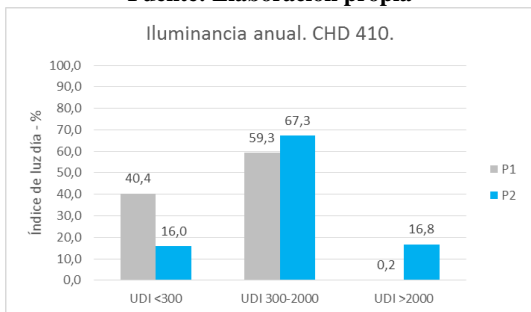


Gráfico 3. Iluminancia anual. CHD 410.
Fuente: Elaboración propia

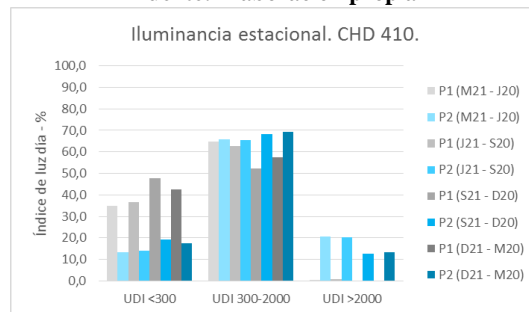


Gráfico 4. Iluminancia estacional. CHD 410.
Fuente: Elaboración propia

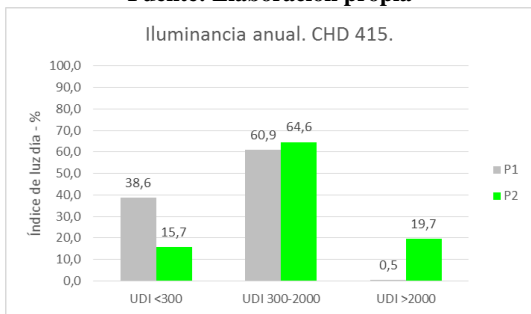


Gráfico 5. Iluminancia anual. CHD 415.
Fuente: Elaboración propia

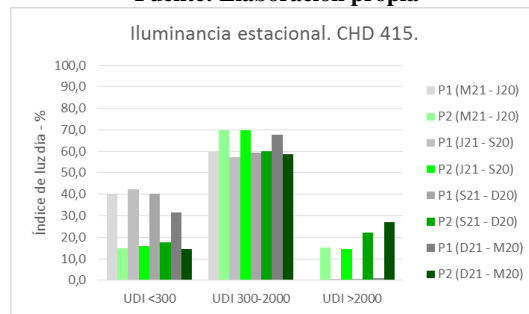


Gráfico 6. Iluminancia estacional. CHD 415.
Fuente: Elaboración propia

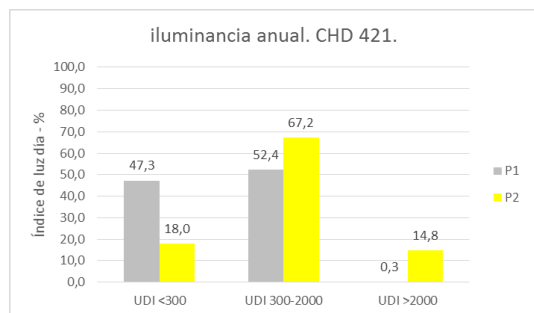


Gráfico 7. Iluminancia anual. CHD 421.
Fuente: Elaboración propia

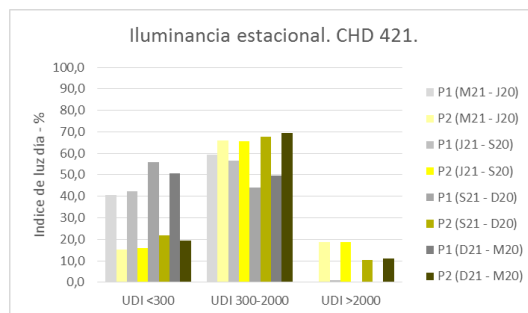


Gráfico 8. Iluminancia estacional. CHD 421.
Fuente: Elaboración propia

3.1.2. RESULTADOS ILUMINANCIA (E) CASO DE ESTUDIO

El análisis de iluminancia se realizó sobre la grilla de medición horizontal a una altura de 1,1m (ver Ilustración 5 pág.46) para los cuartos de hospitalización doble 404 y 421 con riostra y 410 y 415 sin riostra.

Se utilizaron los parámetros citados en la Tabla 19. Parámetros Radiance - Daysim (ver pág. 44), realizando las simulaciones en los equinoccios con cielo cubierto por ser el inicio de las temporadas de lluvias y en los solsticios con cielo intermedio por ser el inicio de las temporadas de sequías (Ver pág. 26); a las 9, 12 y 17 horas para cada caso.

La grilla de medición se obtuvo importando los resultados de Radiance en Ecotect mediante la opción final render, con una escala de 0 a 2000lux y 300 contornos; se utilizó la imagen en color falso de Radiance con una escala de 2000lux; y los datos numéricos se obtuvieron de la grilla de medición mediante observación de los picos y valles para complementar el análisis.

ILUMINANCIA CHD 404 CON RIOSTRA.

Los resultados del análisis de la iluminancia en el CHD 404 se muestran en la Tabla 25 y en la Tabla 26, evidenciando lo siguiente:

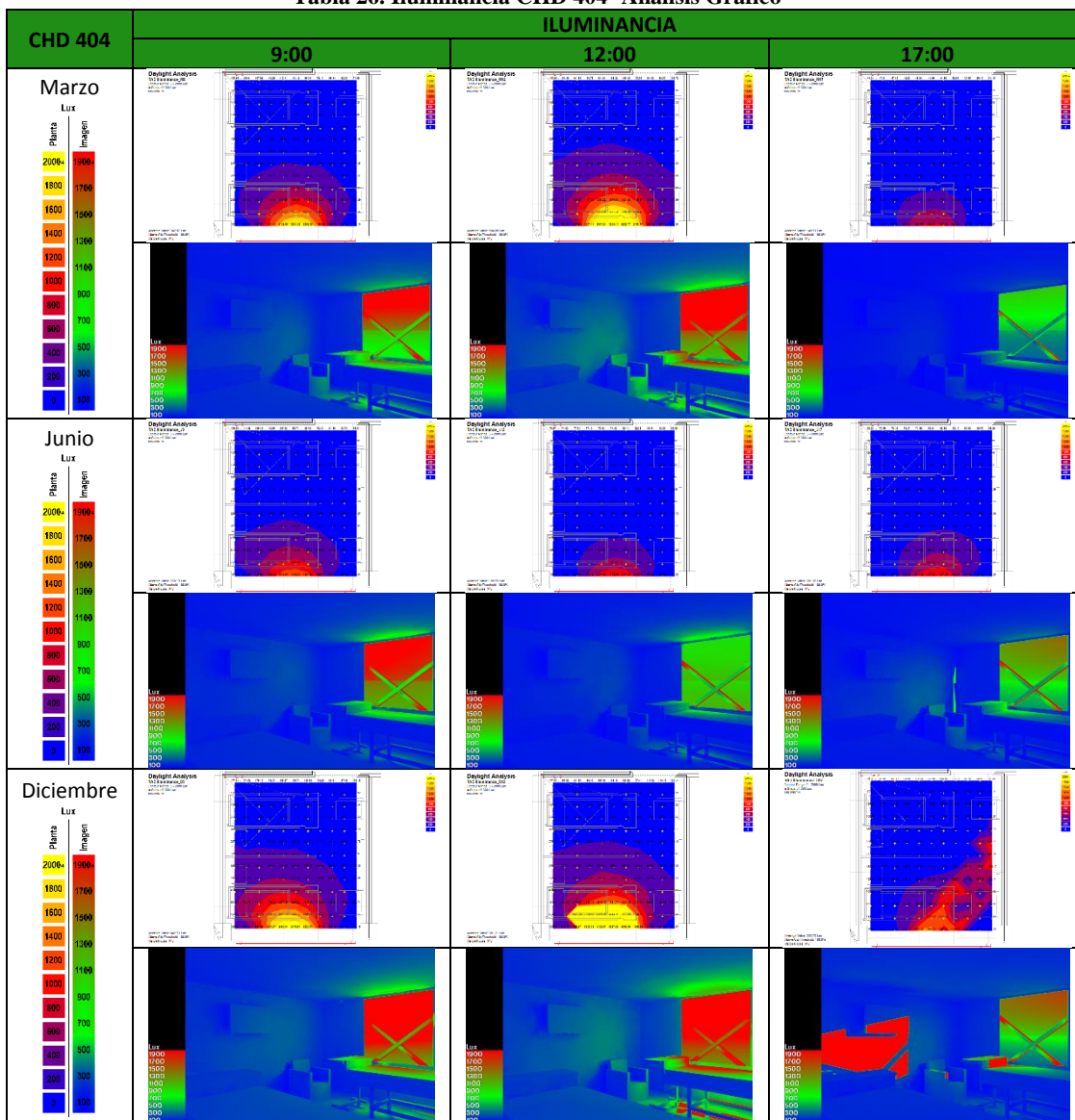
- La Emed en marzo y diciembre está en el rango de 332 y 559lux respectivamente, contando que el 21 de marzo a las 17h apenas se llega a 149lux; y el 21 de diciembre a las 12h se presenta una Emáx de 9238lux.
- La Emed para junio es la más desfavorable pues a ninguna hora se alcanzan los 300lux.
- Existe una diferencia marcada entre la Emed del paciente uno y dos, el análisis gráfico muestra que en ninguna época del año el paciente uno tiene niveles de iluminación por encima de los 300lux. La Emed para el paciente uno oscila entre los 60 y 190 lux en marzo, entre los 80 y 130lux en junio y entre los 130 y 230lux en diciembre. El panorama es más positivo para el paciente dos, ya que la mayoría de año cuenta con buenos niveles de iluminancia, a excepción de diciembre a las 12h que tiene una Emáx 9238lux.
- El promedio de Umáx en marzo es de 34:1, en junio de 23:1 y en diciembre de 43:1, reconociendo que en ninguno de los casos se llega a la relación recomendada de 5:1.
- El promedio de Umed en marzo y diciembre es de 0,19 y en junio de 0,24, dando como resultado una afectación negativa al confort visual de los pacientes durante todo el año ya que en ninguno de los casos se alcanza la relación mínima de 0,3.
- En general el CHD 404 presenta excelentes niveles de Emed en el mes de diciembre (aunque requiera alguna estrategia de control a las 12h); niveles de Emed aceptables en marzo, y malas condiciones en junio.

Tabla 25. Iluminancia CHD 404 - Análisis Numérico

CHD 404	Iluminancia					
	Hora	Emed	Emáx	Emin	Umáx	Umed
Marzo	9	342	2281	62	37	0,18
	12	504	3254	98	33	0,20
	17	149	969	29	33	0,20
Promedio Marzo		332	2168	63	34	0,19
Junio	9	268	1458	64	23	0,24
	12	188	1171	47	25	0,25
	17	202	1131	50	23	0,25
Promedio Junio		219	1253	54	23	0,24
Diciembre	9	443	2486	87	29	0,20
	12	901	9238	110	84	0,12
	17	334	1563	89	18	0,27
Promedio Diciembre		559	4429	95	43	0,19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Iluminancia CHD 404- Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

ILUMINANCIA CHD 410.

Los resultados del análisis de la Iluminancia en el CHD 410, se muestran en la Tabla 27 y en la Tabla 28, evidenciando lo siguiente:

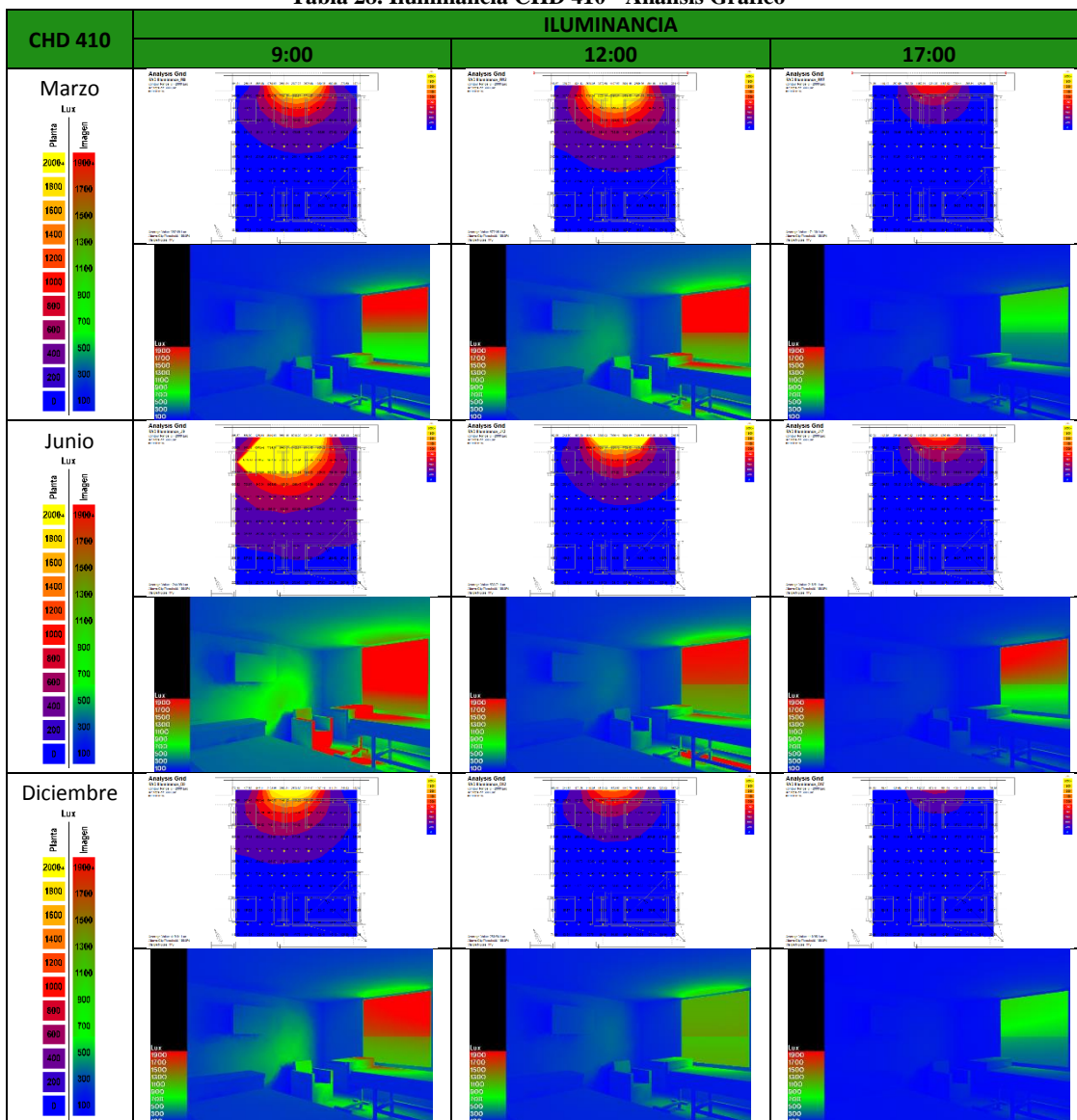
- El promedio de Emed está en el rango de 378 y 666lux en marzo y junio respectivamente, y por debajo del rango en diciembre con 264lux. La Emed a las 17h es inferior a 300lux en lo corrido del año, así como en diciembre a las 12h.
- Existe una diferencia marcada entre la Emed del paciente uno y dos, el análisis gráfico muestra que en ninguna época del año el paciente uno tiene niveles de iluminación por encima de los 300lux. La Emed para el paciente uno oscila entre los 60 y 220 lux en marzo, entre los 90 y 270lux en junio y entre los 50 y 180lux en diciembre. El panorama es más positivo para el paciente dos ya que la mayoría de año cuenta con buenos niveles de iluminancia a excepción de junio a las 9h que tiene una Emáx 9718lux.
- El promedio de la Emáx en marzo es de 2722, en junio de 6337 y en diciembre de 1613; encontrándose los registros por encima de 5000lux en junio a las 9h con 9718 y a las 12h con 7986.
- La Emin oscila entre los 25 y 189lux sin superar nunca los mínimos requeridos, y estos valores están siempre en la zona de circulación de la habitación en el área del paciente uno.
- La Umáx no cumple en lo absoluto con la relación planteada de 5:1, presentando una relación promedio de 38:1 en marzo, 59:1 en junio y 26:1 en diciembre, dando un resultado negativo para el confort visual del paciente.
- La Umed cuenta con un promedio de 0,19 en marzo, 0,17 en junio y de 0,24 en diciembre, nunca se alcanza la relación mínima de 0,3, indicando este valor un alto contraste de iluminancias en el espacio.
- En general el CHD 410 tiene buenas niveles de Emed en marzo y junio aunque con altos contrastes de Iluminancias; y niveles de Emed regulares en diciembre.

Tabla 27. Iluminancia CHD 410 - Análisis Numérico

CHD 410	Iluminancia					
	Hora	Emed	Emáx	Emin	Umáx	Umed
Marzo	9	392	2828	75	38	0,19
	12	572	4108	110	37	0,19
	17	171	1231	32	39	0,19
Promedio Marzo		378	2722	72	38	0,19
Junio	9	1245	9718	189	52	0,15
	12	534	7986	83	97	0,15
	17	219	1305	45	29	0,21
Promedio Junio		666	6337	105	59	0,17
Diciembre	9	419	2593	101	26	0,24
	12	261	1574	64	25	0,24
	17	111	671	25	27	0,22
Promedio Diciembre		264	1613	63	26	0,24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Iluminancia CHD 410 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

ILUMINANCIA CHD 415.

Los resultados del análisis de la Iluminancia en el CHD 415, se muestran en la Tabla 29 y en la Tabla 30, evidenciando lo siguiente:

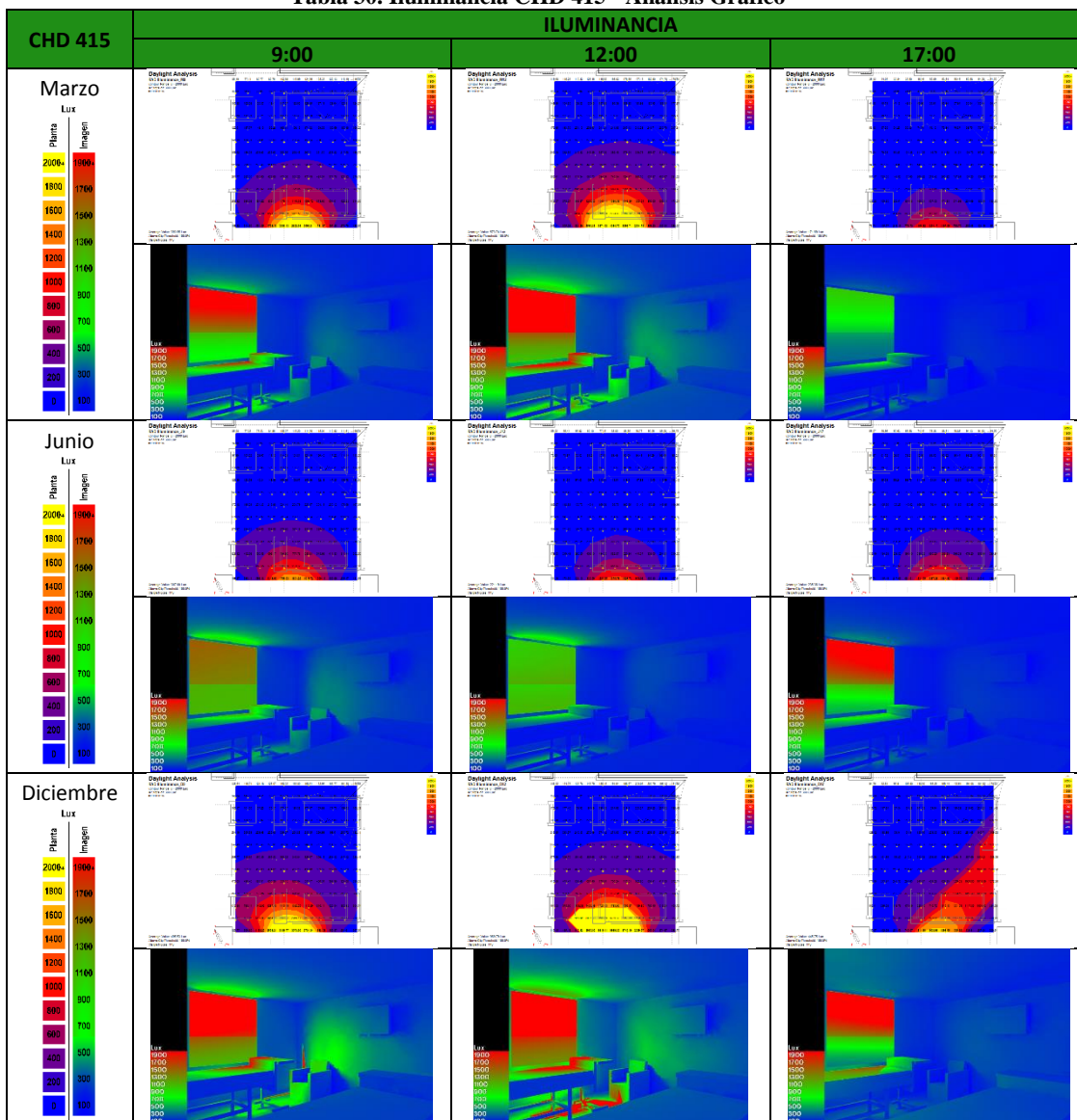
- El promedio de Emed está en el rango de 380 y 637lux en marzo y diciembre respectivamente, resaltando que en marzo a las 17h se cuenta con 172lux por debajo del rango, lo mismo que en junio a las 12 y 17h con una Emed de 255lux.
- Existe una diferencia marcada entre la Emed del paciente uno y dos, el análisis gráfico muestra que en ninguna época del año el paciente uno tiene niveles de iluminación por encima de los 300lux. La Emed para el paciente uno oscila entre los 60 y 200lux en marzo, entre los 100 y 130lux en junio y entre los 180 y 240lux en diciembre. El paciente dos cuenta con buenos niveles de Emed pero presenta niveles de iluminancia por encima de los 5000lux en diciembre a las 12h.
- El promedio de la Emáx en marzo es de 2714, en junio de 1521 y en diciembre de 5006; encontrándose los registros por encima de 5000lux en diciembre a las 12h con 9999lux.
- La Emin oscila entre los 33 y 135lux sin superar nunca los mínimos requeridos, y estos valores están siempre en la zona de circulación de la habitación en el área del paciente uno.
- La Umáx no cumple en lo absoluto con la relación planteada de 5:1, presentando una relación promedio de 37:1 en marzo, 25:1 en junio y 40:1 en diciembre, dando un resultado negativo para el confort visual del paciente.
- La Umed cuenta con un promedio de 0,24 en junio y 0,19 en marzo y diciembre, nunca se alcanza la relación mínima de 0,3, indicando este valor un alto contraste de iluminancias en el espacio.
- En general el CHD 415 tiene buenos niveles de Emed y buenas condiciones para el confort visual en diciembre (aunque se requiera algún tipo de control de la iluminación natural a las 12h) y niveles de Emed aceptables en marzo y junio.

Tabla 29. Iluminancia CHD 415- Análisis Numérico

CHD 415	Iluminancia					
	Hora	Emed	Emáx	Emin	Umáx	Umed
Marzo	9	394	2823	77	37	0,20
	12	574	4095	112	36	0,20
	17	172	1224	33	37	0,19
Promedio Marzo		380	2714	74	37	0,19
Junio	9	307	1801	75	24	0,25
	12	221	1376	55	25	0,25
	17	235	1387	51	27	0,22
Promedio Junio		255	1521	61	25	0,24
Diciembre	9	496	3110	117	27	0,24
	12	970	9999	135	74	0,14
	17	446	1909	93	21	0,21
Promedio Diciembre		637	5006	115	40	0,19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Iluminancia CHD 415 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

ILUMINANCIA CHD 421 CON RIOSTRA.

Los resultados del análisis de la Iluminancia en el CHD 421, se muestran en la Tabla 31 y en la Tabla 32, evidenciando lo siguiente:

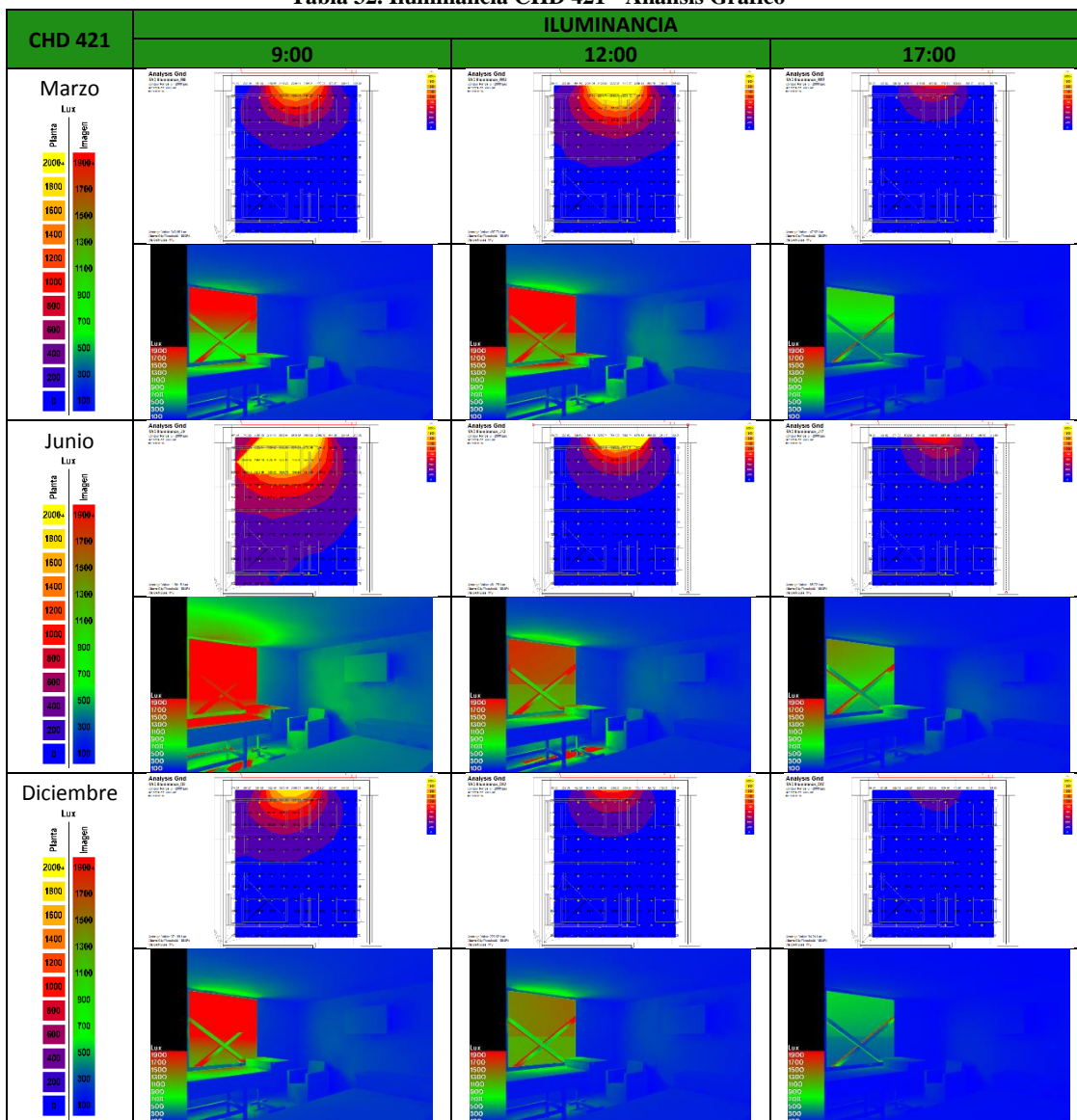
- El promedio de Emed está en el rango de 329 y 619lux en marzo y junio respectivamente, resaltando que a las 17h para ambos meses se está por debajo de los 300lux. La Emed para diciembre es de 230lux, resultando que sólo se alcanzan los niveles de iluminación a las 9h con una Emed de 371lux.
- Existe una diferencia marcada entre la Emed del paciente uno y dos, el análisis gráfico muestra que solamente en junio a las 9h el paciente uno tiene niveles de iluminación alrededor de los 300lux. La Emed para el paciente uno oscila entre los 50 y 180 lux en marzo, entre los 70 y 310lux en junio y entre los 40 y 160lux en diciembre. El paciente dos cuenta con buenos niveles de Emed en marzo a las 9 y 12h y en junio a las 12h y diciembre a las 9h, presentando niveles de iluminancia por encima de los 5000lux en junio a las 9 y 12h.
- El promedio de la Emáx en marzo es de 2180, en junio de 5744 y en diciembre de 1300; encontrándose registros entre 5000-10000lux en junio a las 9 y 12h.
- La Emin oscila entre los 26 y 162lux sin superar los mínimos requeridos en ninguna época del año; estos valores están siempre en la zona de circulación de la habitación en el área del paciente uno.
- La Umáx no cumple en lo absoluto con la relación planteada de 5:1, presentando una relación promedio de 31:1 en marzo, 61:1 en junio y 24:1 en diciembre, dando un resultado negativo para el confort visual del paciente.
- La Umed cuenta con un promedio de 0,22 en marzo, 0,18 en junio y de 0,24 en diciembre, nunca se alcanza la relación mínima de 0,3, indicando este valor un alto contraste de iluminancias en el espacio.
- En general el CHD 421 tiene niveles de Emed aceptables en marzo y junio y niveles de E malos en diciembre.

Tabla 31. Iluminancia CHD 421 - Análisis Numérico

CHD 421	Iluminancia					
	Hora	Emed	Emáx	Emin	Umáx	Umed
Marzo	9	343	2246	67	34	0,19
	12	498	3322	94	36	0,19
	17	148	971	42	23	0,29
Promedio Marzo		329	2180	68	31	0,22
Junio	9	1190	8634	162	53	0,14
	12	482	7542	71	106	0,15
	17	186	1058	46	23	0,25
Promedio Junio		619	5744	93	61	0,18
Diciembre	9	371	2071	74	28	0,20
	12	224	1299	54	24	0,24
	17	94	529	26	20	0,28
Promedio Diciembre		230	1300	51	24	0,24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Iluminancia CHD 421 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES ANÁLISIS DE LA ILUMINANCIA CASO DE ESTUDIO

El Gráfico 9, establece la correlación en el comportamiento de la iluminancia media en los CHD 404 y 415 por su ubicación suroccidental y en los CHD 410 y 415 por su ubicación nororiental. Se puede observar que hay una disminución de Emed en los CHD con riostra 404 y 421, en relación a su par ubicado en la misma fachada, aunque ésta no es significativa.

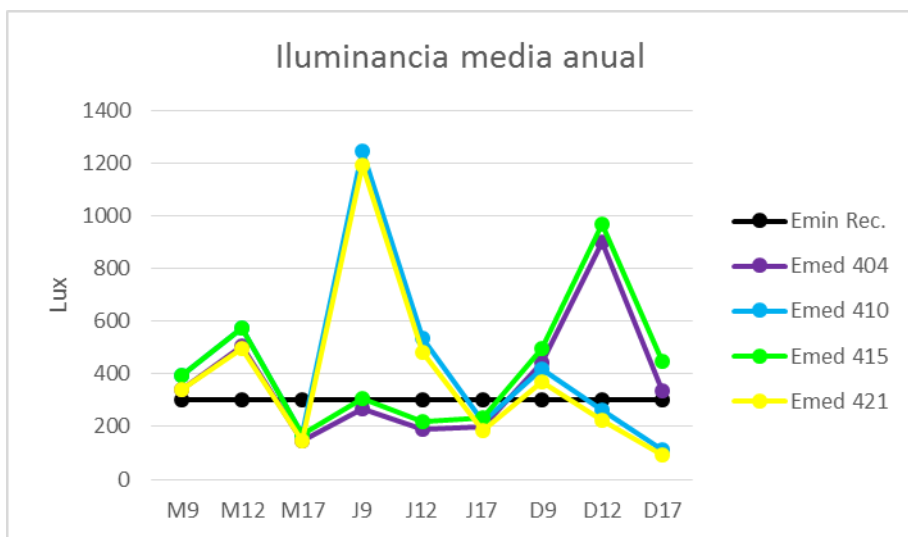


Gráfico 9. Iluminancia media anual CHD 404 – 410 – 415 – 421
Fuente: Elaboración propia

Los CHD 404 y 415 - Gráfico 10 y Gráfico 11 - evidencian el mismo comportamiento de iluminancias medias a lo largo del año, aunque la Emed anual para el CHD 404 es menor un 13% por la presencia de la riostra en la ventana.

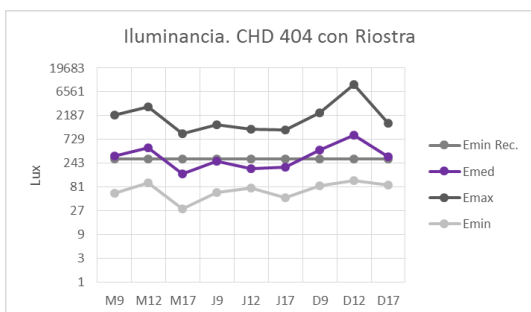


Gráfico 10. Iluminancia. CHD 404
Fuente: Elaboración propia

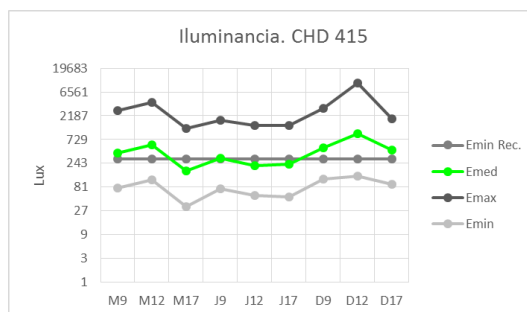


Gráfico 11. Iluminancia. CHD 415
Fuente: Elaboración propia

Los CHD 410 y 421 - Gráfico 12 y Gráfico 13 - evidencian el mismo comportamiento de iluminancias medias a lo largo del año, aunque la Emed anual para el CHD 421 es menor un 10% por la presencia de la riostra en la ventana.

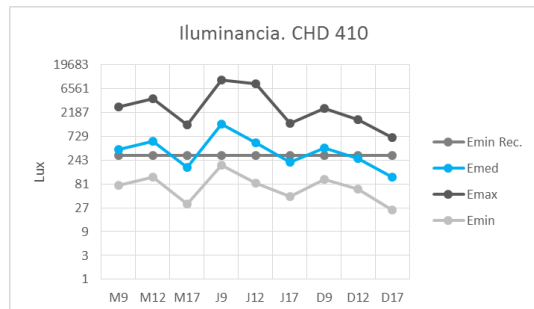


Gráfico 12. Iluminancia. CHD 410
Fuente: Elaboración propia

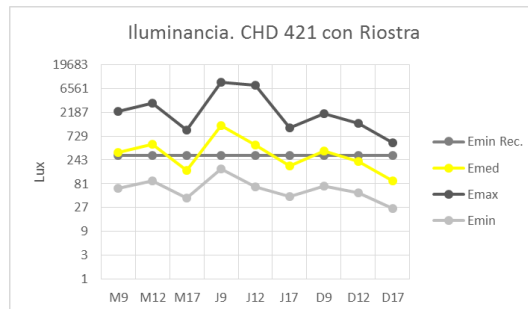


Gráfico 13. Iluminancia. CHD 421
Fuente: Elaboración propia

El Gráfico 14, evidencia mayor uniformidad para el mes de marzo por haberse realizado la simulación con cielo cubierto, aunque es notable la varianza a las 17h. Así mismo el Gráfico 14 muestra la correlación del comportamiento de la iluminación natural en los CHD 410 y 421 y en los CHD 404 y 415. El Gráfico 14 también evidencia que no hay cumplimiento del factor de uniformidad máxima recomendada de 5:1 en ninguna época del año, debido a que los niveles de iluminancia para paciente uno nunca superan los 300lx, aunque estos aumenten en junio a las 9h para el CHD 410 y 421 (ver Tabla 26 p.57, Tabla 28 p.59, Tabla 30 p.61 y Tabla 32 p.63).

El Gráfico 15, muestra el incumplimiento del factor de uniformidad media todo el año, superando el valor mínimo recomendado de 0,3 únicamente en junio a las 12h en el CHD 404.

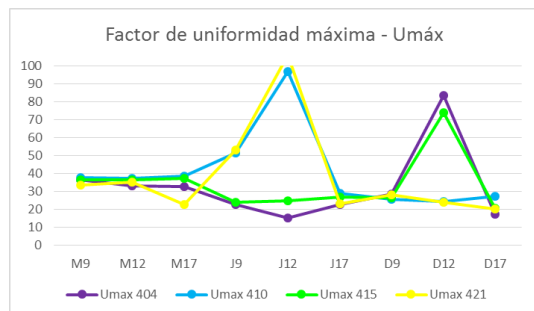


Gráfico 14. Umáx. CHD 404 - 410 - 415 - 421
Fuente: Elaboración propia

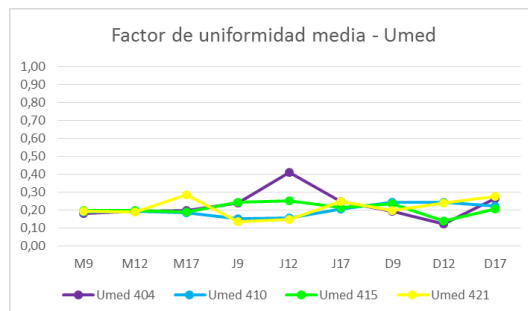


Gráfico 15. Umed. CHD 404 - 410 - 415 - 421
Fuente: Elaboración propia

Los promedios anuales de iluminancia media del CHD 404 con 370lx, del CHD 410 con 436lx, del CHD 415 con 424lx y del CHD 421 con 393lx, podrían significar excelentes niveles de iluminación, sin embargo el porcentaje de cumplimiento de la iluminancia media de 300lx llega tan sólo al 58% - Tabla 33. Iluminancia media anual. Y los factores de uniformidad máxima y media evidencian la mala distribución de Iluminancias al interior del espacio.

Tabla 33. Iluminancia media anual

CHD	Emed CHD – lux				Emed CHD - cumplimiento				
	Hora	Emed 404	Emed 410	Emed 415	Emed 421	Emed 404	Emed 410	Emed 415	Emed 421
Marzo	9	342	392	394	343	C	C	C	C
	12	504	572	574	498	C	C	C	C
	17	149	171	172	148	N_C	N_C	N_C	N_C
Junio	9	268	1245	307	1190	N_C	C	C	C
	12	189	534	221	482	N_C	C	N_C	C
	17	202	219	235	186	N_C	N_C	N_C	N_C
Diciembre	9	443	419	496	371	C	C	C	C
	12	901	261	970	224	C	N_C	C	N_C
	17	334	111	446	94	C	N_C	C	N_C
Promedio anual CHD		370	436	424	393	56%	56%	67%	56%
Emed - Porcentaje de cumplimiento anual						58%			

Fuente: Elaboración propia

En conclusión los niveles de iluminancia media y la relación de iluminancias máximas y medias evidencian que las estrategias de captación de la luz día no permiten el cumplimiento de las condiciones mínimas de confort visual para los pacientes, encontrándose al paciente uno con pésimos niveles de iluminación todo el año.

3.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO CONFORT VISUAL EN RELACIÓN A LA LUMINANCIA.

3.2.1. RESULTADOS CASO DE ESTUDIO LUMINANCIA 1. PARED DE FONDO TV (40:1)

El análisis de la luminancia 1, se realizó sobre la grilla de medición vertical en la pared de fondo del televisor (ver Ilustración 6 pág. 46), para los cuartos de hospitalización dobles 404 y 421 con riostra y 410 y 415 sin riostra.

Se utilizaron los parámetros citados en la Tabla 19 (ver pág. 44), realizando las simulaciones en los equinoccios con cielo cubierto por ser el inicio de las temporadas de lluvias y en los solsticios con cielo intermedio por ser el inicio de las temporadas de sequías (Ver página 26); a las 9, 12 y 17 horas para cada caso.

El análisis se realizó con los datos numéricos de la grilla de medición, sistematizando la luminancia media, máxima y mínima para obtener la relación máxima de luminancias. La imagen de la grilla de medición sobre la pared del fondo del televisor se obtuvo importando los resultados de Radiance a Ecotect con la opción final render, con una escala de 0 a 400cd/m² y ocho contornos; así mismo, se utilizó la imagen con líneas de contorno de Radiance en una escala de 380cd/m².

ANÁLISIS DE LUMINANCIA 1. CHD 404 CON RIOSTRA.

Los resultados del análisis de la luminancia 1 en el CHD 404, se muestran en la Tabla 34 y en la Tabla 35, evidenciando los siguientes aspectos:

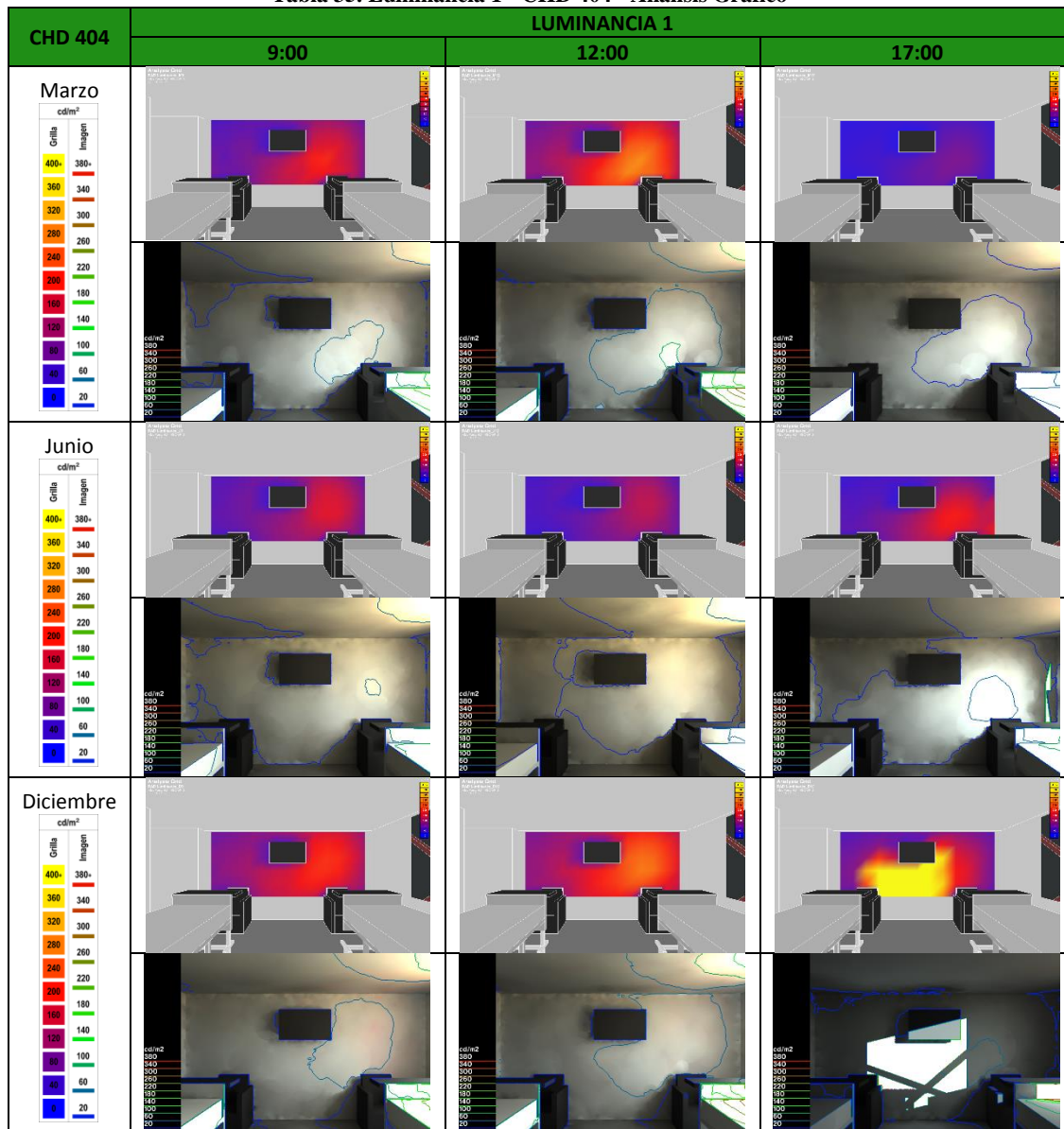
- La relación máxima entre la luminancia mínima y máxima recomendada de 40:1, se cumple en todo el año con un promedio de 4:1 en marzo y junio y de 12:1 en diciembre.
- La luminancia media y máxima no superan nunca las 500cd/m² presentándose sólo una anomalía en diciembre a las 17h con una L_{máx} de 1518cd/m² que no afecta la relación máxima recomendada.
- En general el televisor no tiene incidencia solar directa en la mayoría del año a excepción de diciembre a las 17h.
- En conclusión el CHD 404 tiene excelentes relaciones y niveles de luminancias en el espacio, muy por debajo del máximo recomendado.

Tabla 34. Luminancia 1 - CHD 404 - Análisis numérico

CHD 404	LUMINANCIA 1				
	Hora	L _{med}	L _{máx}	L _{mín}	Relación máxima L
Marzo	9	100	201	46	4
	12	147	292	72	4
	17	43	85	32	3
Promedio Marzo		96	193	50	4
Junio	9	90	175	55	3
	12	72	142	42	3
	17	91	205	35	6
Promedio Junio		84	174	44	4
Diciembre	9	125	215	79	3
	12	151	275	90	3
	17	340	1518	50	31
Promedio Diciembre		205	669	73	12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Luminancia 1 - CHD 404 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LUMINANCIA 1. CHD 410.

Los resultados del análisis de la luminancia 1 en el CHD 410, se muestran en la Tabla 36 y en la Tabla 37, evidenciando lo siguiente:

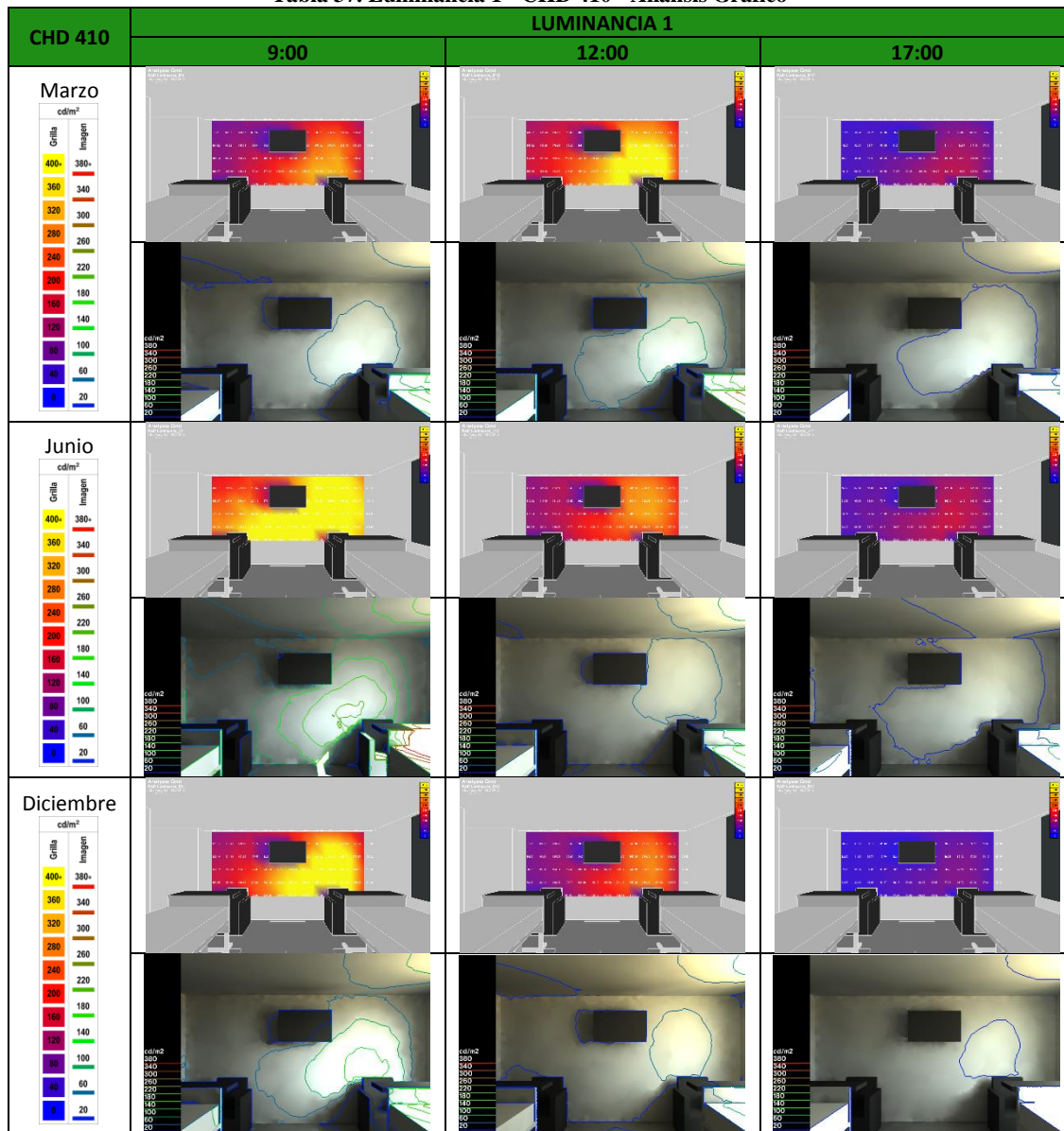
- La relación máxima entre la luminancia mínima y máxima recomendada de 40:1, se cumple en todo el año con un promedio de 4:1.
- La luminancia media no supera nunca las 500cd/m², mientras que la luminancia máxima sobre pasa las 500cd/m² en diciembre a las 9h con 667cd/m² y sobre pasa las 800cd/m² en junio a las 9h con 935cd/m², esto sin afectar la relación máxima recomendada en ninguno de los casos.
- El televisor no tiene incidencia solar directa en ninguna época del año.
- Por su orientación el CHD 410 presenta mayor incidencia solar en las horas de la mañana.
- En conclusión el CHD 410 tiene excelentes relaciones de luminancias en el espacio muy por debajo del máximo recomendado.

Tabla 36. Luminancia 1 - CHD 410 - Análisis numérico

CHD 410	LUMINANCIA 1				
	Hora	Lmed	Lmáx	Lmín	Relación máxima L
Marzo	9	161	339	82	4
	12	238	497	114	4
	17	70	145	35	4
Promedio Marzo		156	327	77	4
Junio	9	419	935	181	5
	12	176	314	105	3
	17	87	159	61	3
Promedio Junio		227	469	115	4
Diciembre	9	256	667	109	6
	12	148	291	79	4
	17	49	95	28	3
Promedio Diciembre		151	351	72	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Luminancia 1 - CHD 410 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LUMINANCIA 1. CHD 415.

Los resultados del análisis de la luminancia 1 en el CHD 415, se muestran en la Tabla 38 y en la Tabla 39, evidenciando lo siguiente:

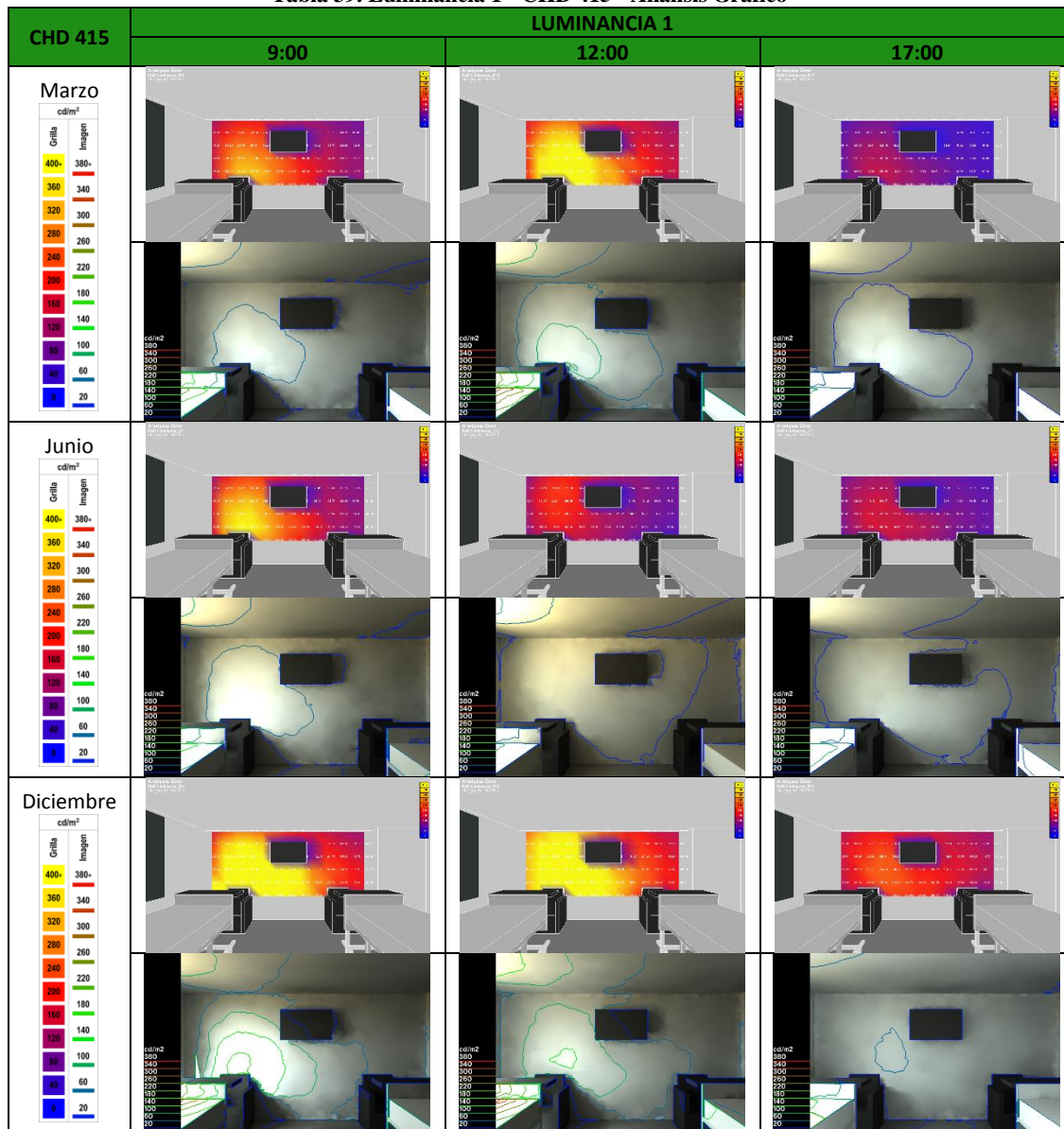
- La relación máxima entre la luminancia mínima y máxima recomendada de 40:1, se cumple en todo el año con un promedio de 4:1 en marzo, 3:1 en junio y 7:1 en diciembre.
- La luminancia media no supera nunca las 500cd/m², mientras que la luminancia máxima sobre pasa las 500cd/m² en diciembre a las 12h con 585cd/m² y sobre pasa las 800cd/m² en diciembre a las 9h con 1893cd/m²; aunque esto no afecta la relación máxima recomendada es muy probable que se presente incomodidad visual en diciembre a las 9h pues este valor se acerca mucho a las 2000cd/m² consideradas como aceptables en el campo visual.
- La pared del televisor no tiene incidencia solar directa en ninguna época del año.
- En conclusión el CHD 404 tiene excelentes relaciones de luminancias en el espacio muy por debajo del máximo recomendado.

Tabla 38. Luminancia 1 - CHD 415 - Análisis numérico

CHD 415	LUMINANCIA 1				
	Hora	Lmed	Lmáx	Lmín	Relación máxima L
Marzo	9	160	341	82	4
	12	228	477	116	4
	17	69	149	34	4
Promedio Marzo		152	322	77	4
Junio	9	177	405	89	5
	12	112	221	75	3
	17	93	165	57	3
Promedio Junio		127	264	73	3
Diciembre	9	335	1893	119	16
	12	290	585	147	4
	17	155	254	115	2
Promedio Diciembre		260	911	127	7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Luminancia 1 - CHD 415 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LUMINANCIA 1. CHD 421 CON RIOSTRA.

Los resultados del análisis de la luminancia 1 en el CHD 421, se muestran en la Tabla 40 y en la Tabla 41, evidenciando lo siguiente:

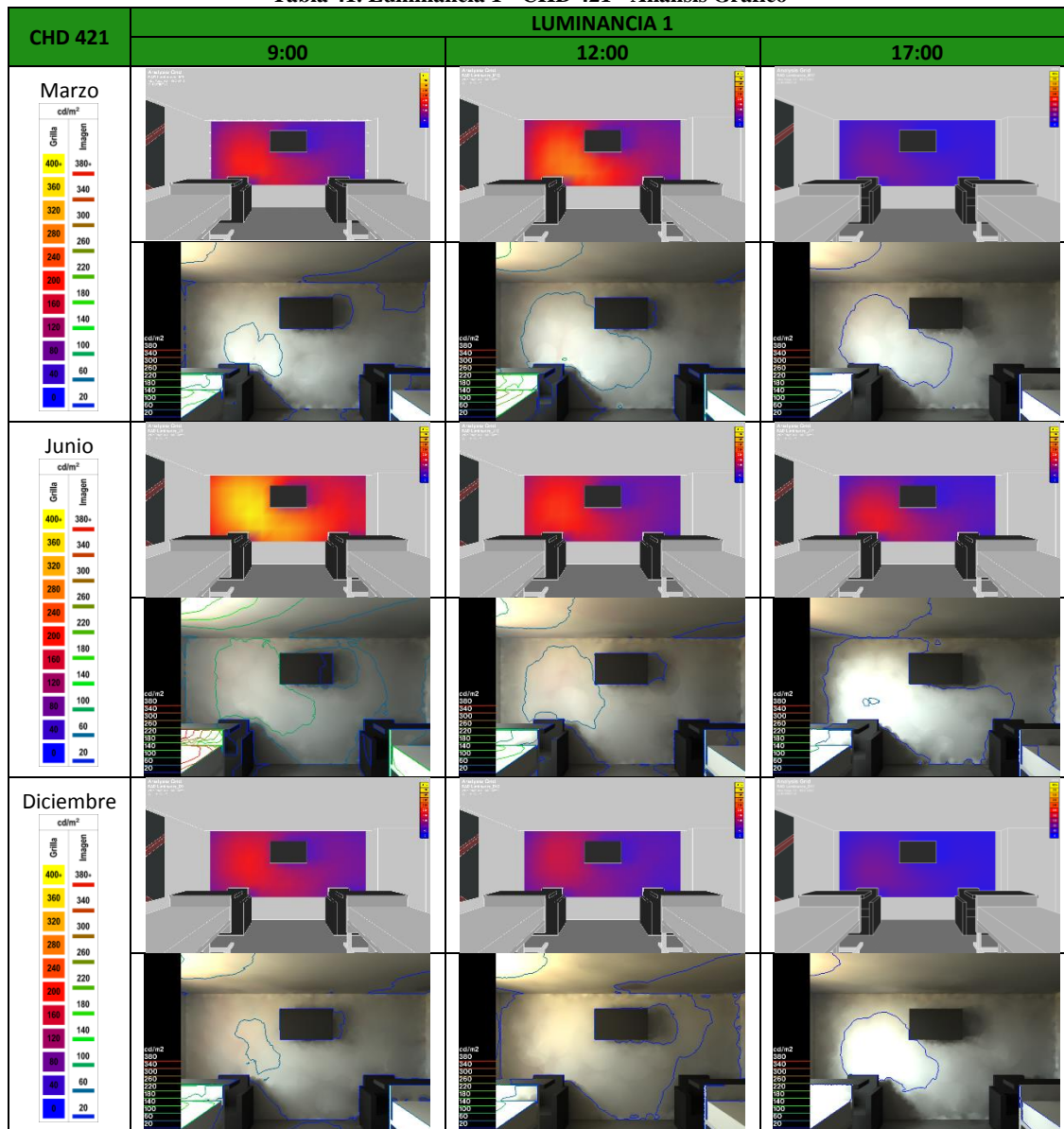
- La relación máxima entre la luminancia mínima y máxima recomendada de 40:1, se cumple en todo el año con un promedio de 4:1 en marzo y junio y de 3:1 en diciembre.
- La luminancia media y máxima no superan nunca las 500cd/m².
- La pared del televisor no tiene incidencia solar directa en ninguna época del año.
- En conclusión el CHD 404 tiene excelentes relaciones y niveles de luminancias en el espacio muy por debajo del máximo recomendado.

Tabla 40. Luminancia 1 - CHD 421 - Análisis numérico

CHD 421	LUMINANCIA 1				
	Hora	Lmed	Lmáx	Lmín	Relación máxima L
Marzo	9	98	192	48	4
	12	143	291	71	4
	17	42	85	30	3
Promedio Marzo		94	189	49	4
Junio	9	218	327	124	3
	12	119	216	84	3
	17	79	179	31	6
Promedio Junio		139	241	80	4
Diciembre	9	105	178	65	3
	12	79	150	56	3
	17	38	80	23	3
Promedio Diciembre		74	136	48	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Luminancia 1 - CHD 421 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES ANÁLISIS DE LA LUMINANCIA 1. PARED DE FONDO TV

A Partir del estudio realizado en la pared de fondo del televisor (luminancia 1) se puede concluir que la relación máxima recomendada de 40:1 se cumple a lo largo del año para todos los CHD; La Tabla 42, muestra el cumplimiento de ésta y aunque se evidencia un incremento en la relación de luminancias en el CHD 404 en diciembre a las 17h y uno en el CHD 415 en diciembre a las 9h, estos no superan nunca la relación recomendada - Gráfico 16.

Tabla 42. Síntesis relación de luminancias 1 en CHD

CHD	404	410	415	421
M9	4	4	4	4
M12	4	4	4	4
M17	3	4	4	3
J9	3	5	5	3
J12	3	3	3	3
J17	6	3	3	6
D9	3	6	16	3
D12	3	4	4	3
D17	31	3	2	3

Fuente: Elaboración propia

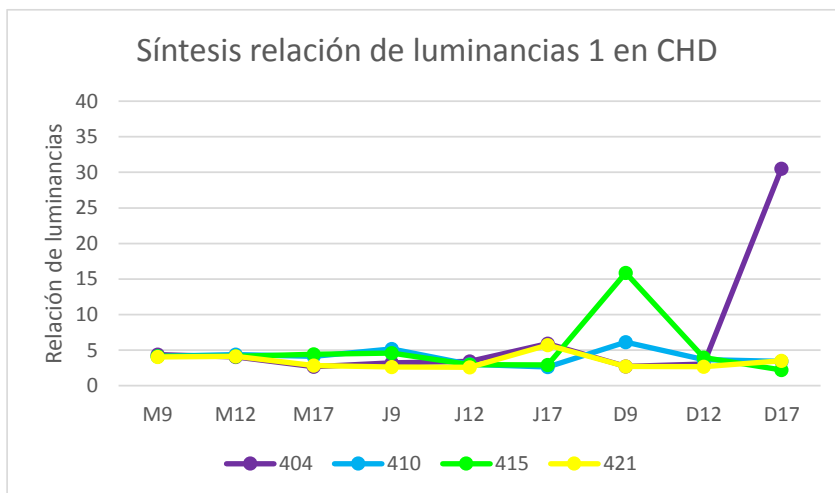


Gráfico 16. Síntesis relación de luminancias 1 en CHD

Fuente: Elaboración propia

Además de cumplirse la relación máxima recomendada en el 100% de los casos, se evidencia un contraste de luminancias muy bajo, pudiéndose asociar a los bajos niveles de iluminancia, dando como resultado un ambiente poco estimulante visualmente.

Los resultados de la luminancia media para los CHD que se muestran en la Tabla 43 evidencian que los valores están siempre por debajo de los 500cd/m², presentando niveles adecuados para el confort visual - Gráfico 17. Así mismo, los niveles de luminancia máxima mostrados en la Tabla 44 evidencian que en el 86% de los casos no se exceden las 500cd/m², aunque esto no se cumpla en diciembre a las 9h para el CHD 410 y en diciembre a las 12h para el CHD 415; además, se presentan valores por encima del valor umbral promedio de ~800cd/m² que produce escenas “ligeramente perturbadoras” en el CHD 404 en diciembre a las 17h, en el CHD 410 en junio a las 9h y en el CHD 415 en diciembre a las 9h. Sin embargo, los valores anteriores no superan nunca el valor umbral de 2000cd/m² por lo que se puede concluir que la luminancia máxima se cumple en el 100% de los casos – Gráfico 18.

Tabla 43. Síntesis luminancia media 1 en CHD

CHD	404	410	415	421
M9	100	161	160	98
M12	147	238	228	143
M17	43	70	69	42
J9	90	419	177	218
J12	72	176	112	119
J17	91	87	93	79
D9	125	256	335	105
D12	151	148	290	79
D17	340	49	155	38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Síntesis luminancia máxima 1 en CHD

CHD	404	410	415	421
M9	201	339	341	192
M12	292	497	477	291
M17	85	145	149	85
J9	175	935	405	327
J12	142	314	221	216
J17	205	159	165	179
D9	215	667	1893	178
D12	275	291	585	150
D17	1518	95	254	80

Fuente: Elaboración propia

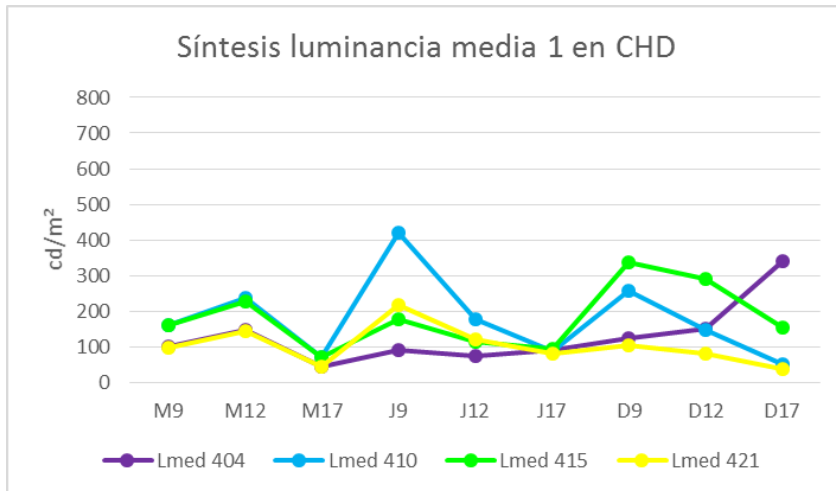


Gráfico 17. Síntesis luminancia media 1 en CHD
Fuente: Elaboración propia

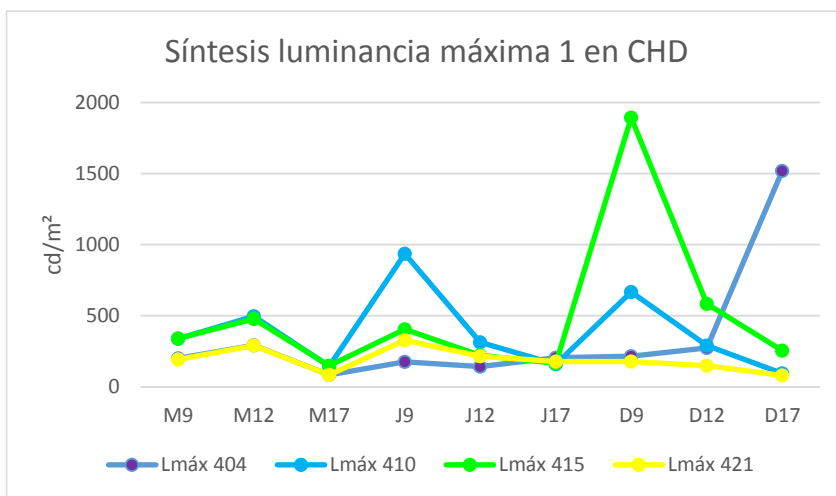


Gráfico 18. Síntesis luminancia máxima 1 en CHD
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se puede concluir que los CHD tienen una excelente relación entre la luminancia mínima y máxima, excelentes niveles de luminancia media y excelentes niveles de luminancia máxima, todos con un nivel de cumplimiento del 100%.

3.2.2. RESULTADOS CASO DE ESTUDIO LUMINANCIA 2. PUNTO VISUAL, TELEVISOR Y VENTANA (10:1)

El análisis de la luminancia 2, se realizó comparando un punto en el televisor con uno en cada posición de los ojos de observador del paciente uno y dos; y mediante la comparación de un punto en medio de la ventana con uno en cada posición de los ojos del observador del paciente uno y dos (ver Ilustración 7 pág. 46 **Error! Marcador no definido.**), para los cuartos de hospitalización dobles 404 y 421 con riostra y 410 y 415 sin riostra.

Se utilizaron los parámetros citados en la Tabla 19 (ver pág. 44), realizando las simulaciones en los equinoccios con cielo cubierto por ser el inicio de las temporadas de lluvias y en los solsticios con cielo intermedio por ser el inicio de las temporadas de sequías (Ver pág. 26); a las 9, 12 y 17 horas para cada caso.

La medición de los puntos se obtuvo importando los resultados de Radiance en Ecotect mediante la opción final render, con una escala de 0 a 5000cd/m²; y los datos numéricos se obtuvieron de la grilla de medición mediante observación para complementar el análisis.

ANÁLISIS DE LUMINANCIA 2. CHD 404 CON RIOSTRA.

Los resultados del análisis de la luminancia 2 en el CHD 404, se muestran en la Tabla 45 y en la Tabla 46, evidenciando lo siguiente:

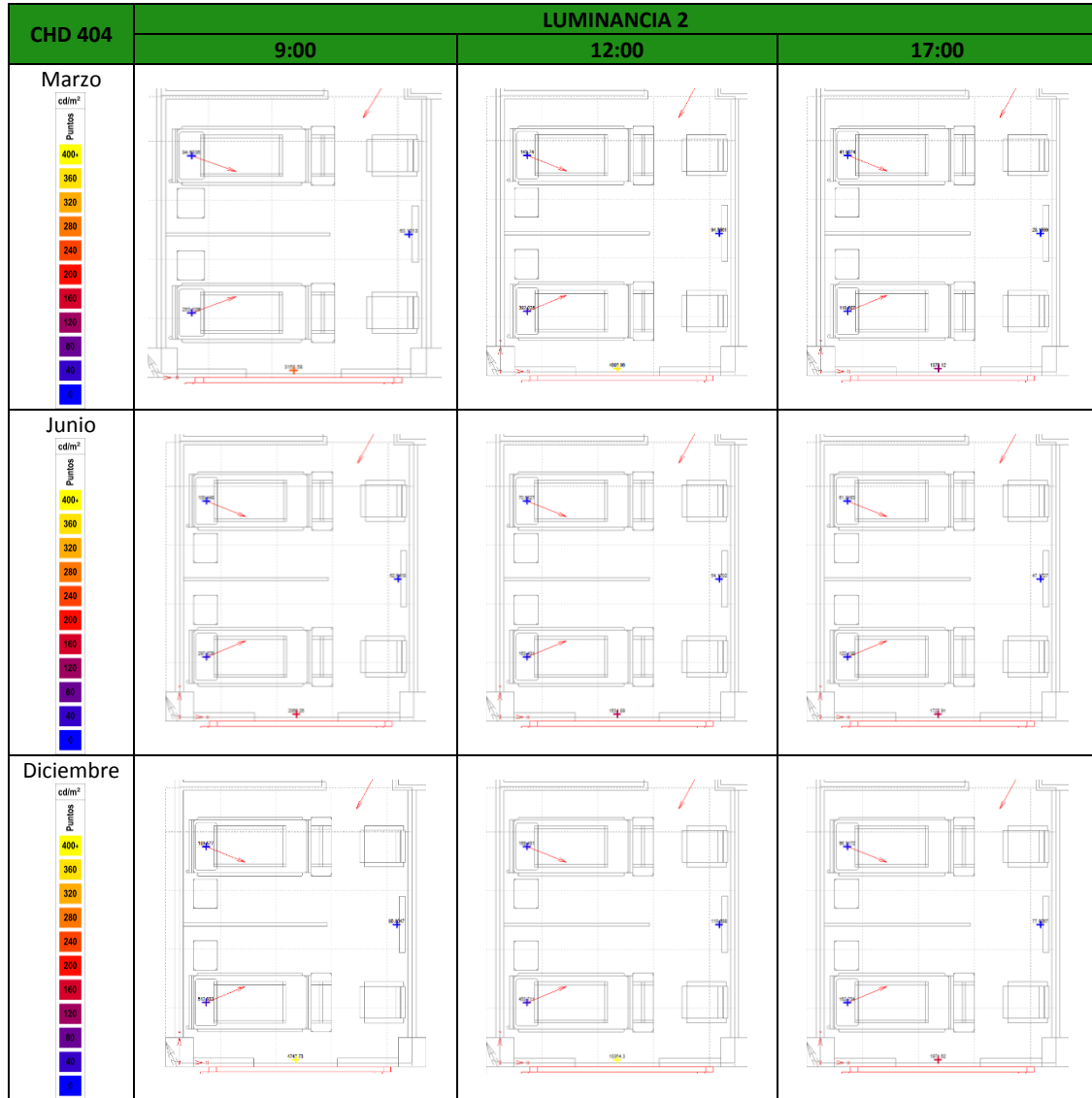
- La relación máxima recomendada de 10:1 entre el punto de visión del paciente uno y dos y un punto en el televisor se cumple en todo el año.
- La relación máxima recomendada de 10:1 entre el punto de visión del paciente uno y dos y la ventana, sólo se cumple para el paciente dos en junio a las 9 y 12h y en diciembre a las 9h, evidenciando un alto potencial de deslumbramiento de la ventana en el CHD 404.
- La luminancia en el punto visual del paciente uno y dos no supera nunca las 500cd/m², mientras que la luminancia en el punto de la ventana tiene un valor promedio mensual de 3045cd/m² en marzo y 5693 cd/m² en diciembre, excediendo estos el valor umbral promedio recomendado de 2.000cd/m² en la parte despejada de la ventana; sin embargo la luminancia en junio presenta un valor promedio mensual de 1808cd/m² encontrándose en el rango aceptable.
- En conclusión el punto visual del paciente uno y dos tiene excelente relación de luminancias con el punto ubicado en el televisor, pero no con el de la ventana.

Tabla 45. Luminancia 2 - CHD 404 - Análisis numérico

CHD 404	LUMINANCIA 2								
	Hora	P1	P2	TV	Ventana	P1_TV	P2_TV	P1_Vent	P2_Vent
Marzo	9	95	253	63	3154	2	4	33	12
	12	144	182	95	4610	2	2	32	25
	17	42	119	28	1370	1	4	33	12
Promedio marzo		93	185	62	3045	1	3	33	16
Junio	9	100	298	63	2060	2	5	21	7
	12	71	163	50	1635	1	3	23	10
	17	61	122	47	1728	1	3	28	14
Promedio Junio		77	194	53	1808	1	4	24	10
Diciembre	9	160	513	87	4743	2	6	30	9
	12	168	451	111	10364	2	4	62	23
	17	96	163	78	1972	1	2	20	12
Promedio diciembre		141	375	92	5693	2	4	37	15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Luminancia 2 - CHD 404 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LUMINANCIA 2. CHD 410.

Los resultados del análisis de la luminancia 2 en el CHD 410, se muestran en la Tabla 47 y en la Tabla 48, evidenciando lo siguiente:

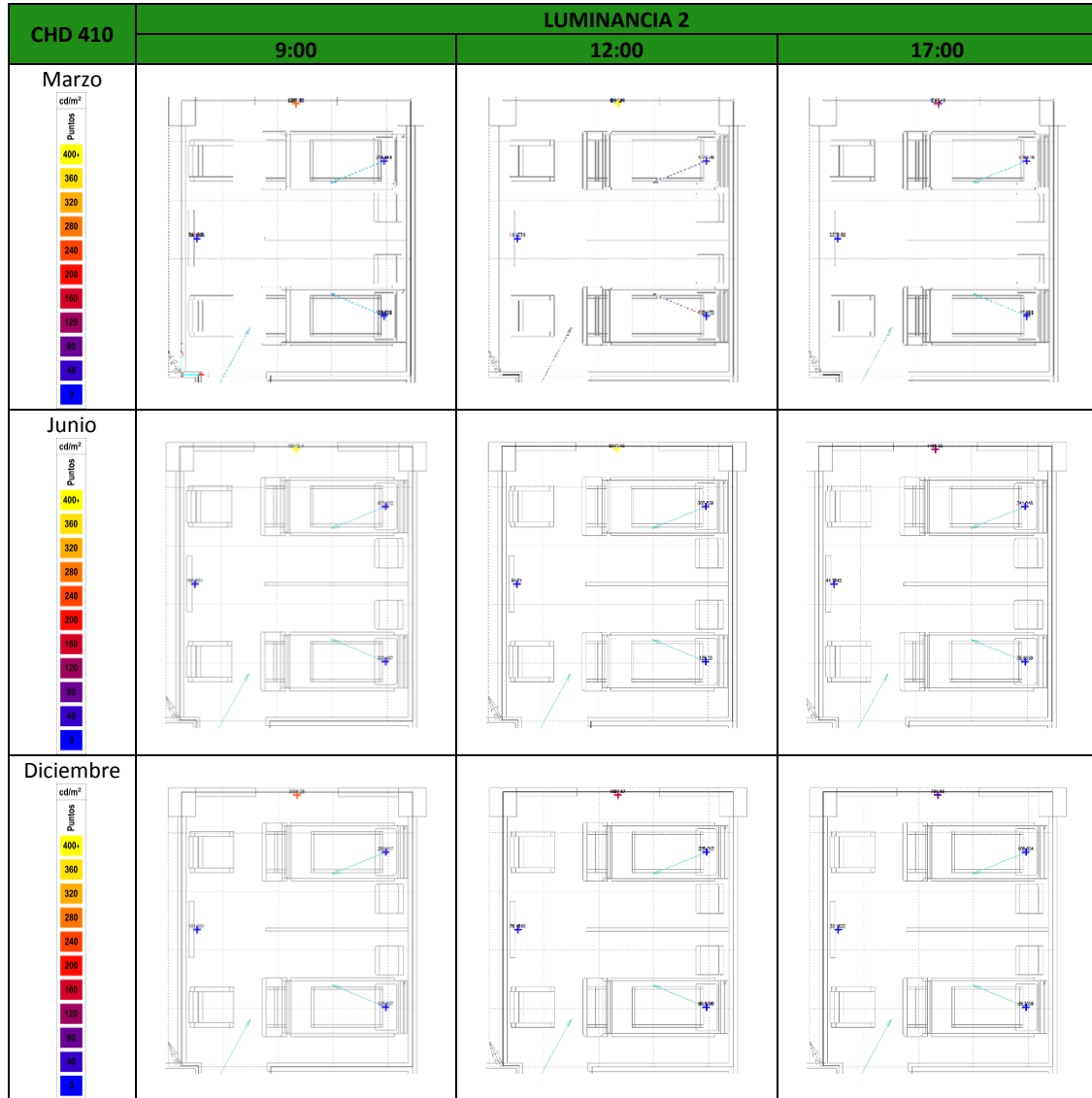
- La relación máxima recomendada de 10:1 entre el punto de visión del paciente uno y dos y un punto en el televisor se cumple en todo el año.
- La relación máxima recomendada de 10:1 entre el punto de visión del paciente uno y dos y la ventana, sólo se cumple para el paciente dos en junio a las 17h y en diciembre a las 12 y 17h, evidenciando un alto potencial de deslumbramiento de la ventana en el CHD 410.
- La luminancia en el punto visual del paciente uno y dos no supera nunca las 500cd/m², mientras que la luminancia en el punto de la ventana tiene un valor promedio mensual de 3095cd/m² en marzo y 6667cd/m² en junio, excediendo estos el valor umbral promedio recomendado de 2.000cd/m² en la parte despejada de la ventana; sin embargo la luminancia en diciembre presenta un valor promedio mensual de 1895cd/m² encontrándose en el rango aceptable.
- En conclusión el punto visual del paciente uno y dos tiene excelente relación de luminancias con el punto ubicado en el televisor, pero no con el de la ventana.

Tabla 47. Luminancia 2 - CHD 410 - Análisis numérico

CHD 410	LUMINANCIA 2								
	Hora	P1	P2	TV	Ventana	P1_TV	P2_TV	P1_Vent	P2_Vent
Marzo	9	109	282	79	3208	1	4	29	11
	12	155	422	112	4676	1	4	30	11
	17	47	129	33	1399	1	4	30	11
Promedio marzo		104	278	75	3095	1	4	30	11
Junio	9	233	477	196	10142	1	2	43	21
	12	128	308	95	8372	1	3	65	27
	17	78	242	45	1487	2	5	19	6
Promedio Junio		147	342	112	6667	1	4	43	18
Diciembre	9	126	263	101	3006	1	3	24	11
	12	97	225	76	1898	1	3	20	8
	17	39	110	23	781	2	5	20	7
Promedio diciembre		87	199	67	1895	1	3	21	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Luminancia 2 - CHD 410 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LUMINANCIA 2. CHD 415.

Los resultados del análisis de la luminancia 2 en el CHD 415, se muestran en la Tabla 49 y en la Tabla 50, evidenciando lo siguiente:

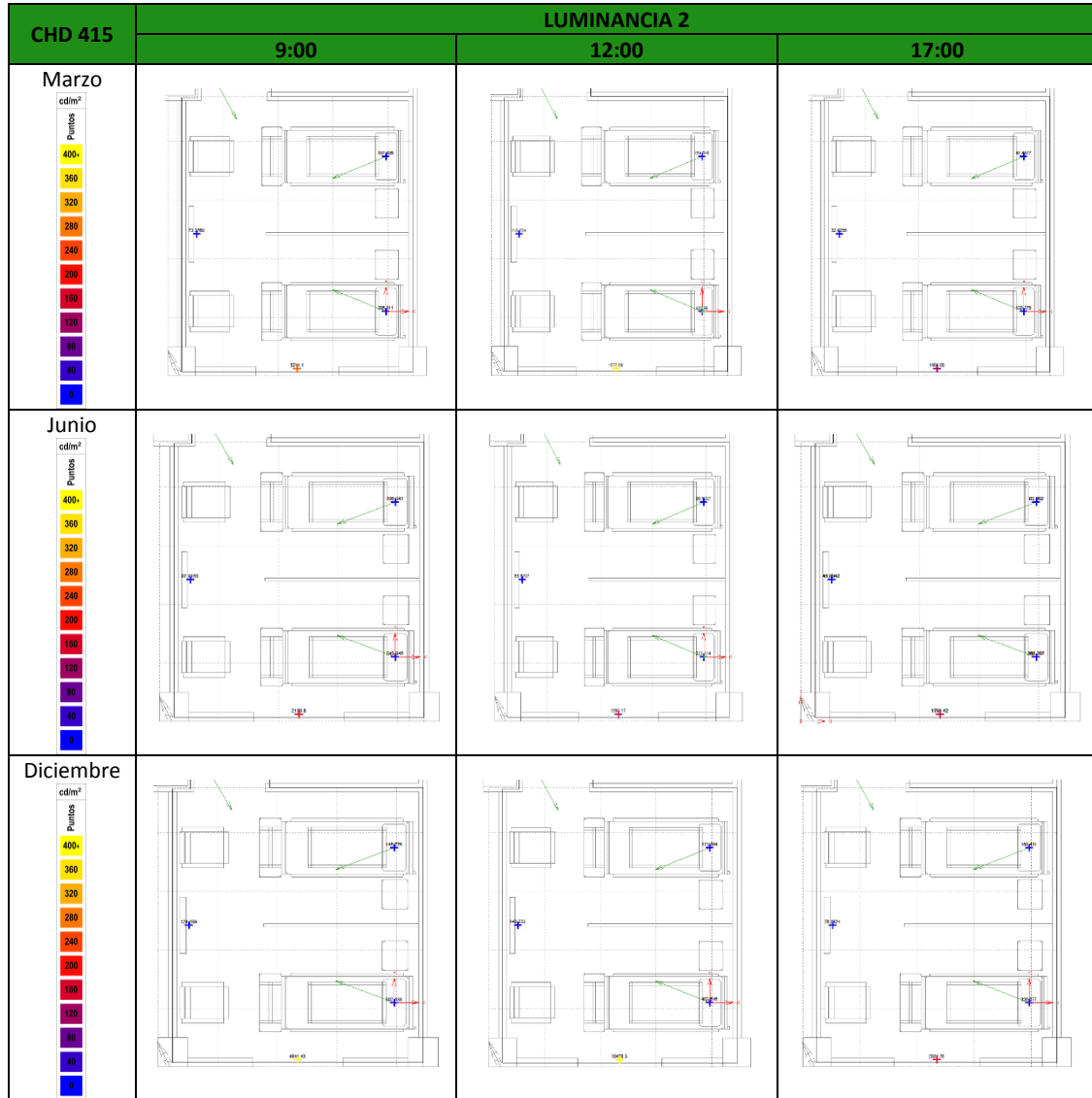
- La relación máxima recomendada de 10:1 entre el punto de visión del paciente uno y dos y un punto en el televisor se cumple en todo el año.
- La relación máxima recomendada de 10:1 entre el punto de visión del paciente uno y dos y la ventana, sólo se cumple para el paciente uno en diciembre a las 17h y para el paciente dos en junio a las 9, 12 y 17h y en diciembre a las 17h, evidenciando un alto potencial de deslumbramiento de la ventana en el CHD 415 para el paciente uno casi todo el año y para el paciente dos en los meses de marzo y diciembre.
- La luminancia en el punto visual del paciente uno y dos no supera nunca las 500cd/m², mientras que la luminancia en el punto de la ventana tiene un valor promedio mensual de 3098cd/m² en marzo y 5766cd/m² en diciembre, excediendo estos el valor umbral promedio recomendado de 2.000cd/m² en la parte despejada de la ventana; sin embargo la luminancia en junio presenta un valor promedio mensual de 1871cd/m² encontrándose en el rango aceptable.
- En conclusión el punto visual del paciente uno y dos tiene excelente relación de luminancias con el punto ubicado en el televisor, pero no con el de la ventana.

Tabla 49. Luminancia 2 - CHD 415 - Análisis numérico

CHD 415	LUMINANCIA 2								
	Hora	P1	P2	TV	Ventana	P1_TV	P2_TV	P1_Vent	P2_Vent
Marzo	9	108	286	73	3214	1	4	30	11
	12	154	433	114	4677	1	4	30	11
	17	47	130	33	1404	1	4	30	11
Promedio marzo		103	283	73	3098	1	4	30	11
Junio	9	106	250	88	2137	1	3	20	9
	12	87	213	66	1693	1	3	20	8
	17	84	260	46	1784	2	6	21	7
Promedio Junio		92	241	66	1871	1	4	20	8
Diciembre	9	146	307	124	4844	1	2	33	16
	12	173	404	140	10428	1	3	60	26
	17	198	326	76	2025	3	4	10	6
Promedio diciembre		173	346	113	5766	2	3	35	16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Luminancia 2 - CHD 415 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LUMINANCIA 2. CHD 421 CON RIOSTRA.

Los resultados del análisis de la luminancia 2 en el CHD 421, se muestran en la Tabla 51 y en la Tabla 52, evidenciando lo siguiente:

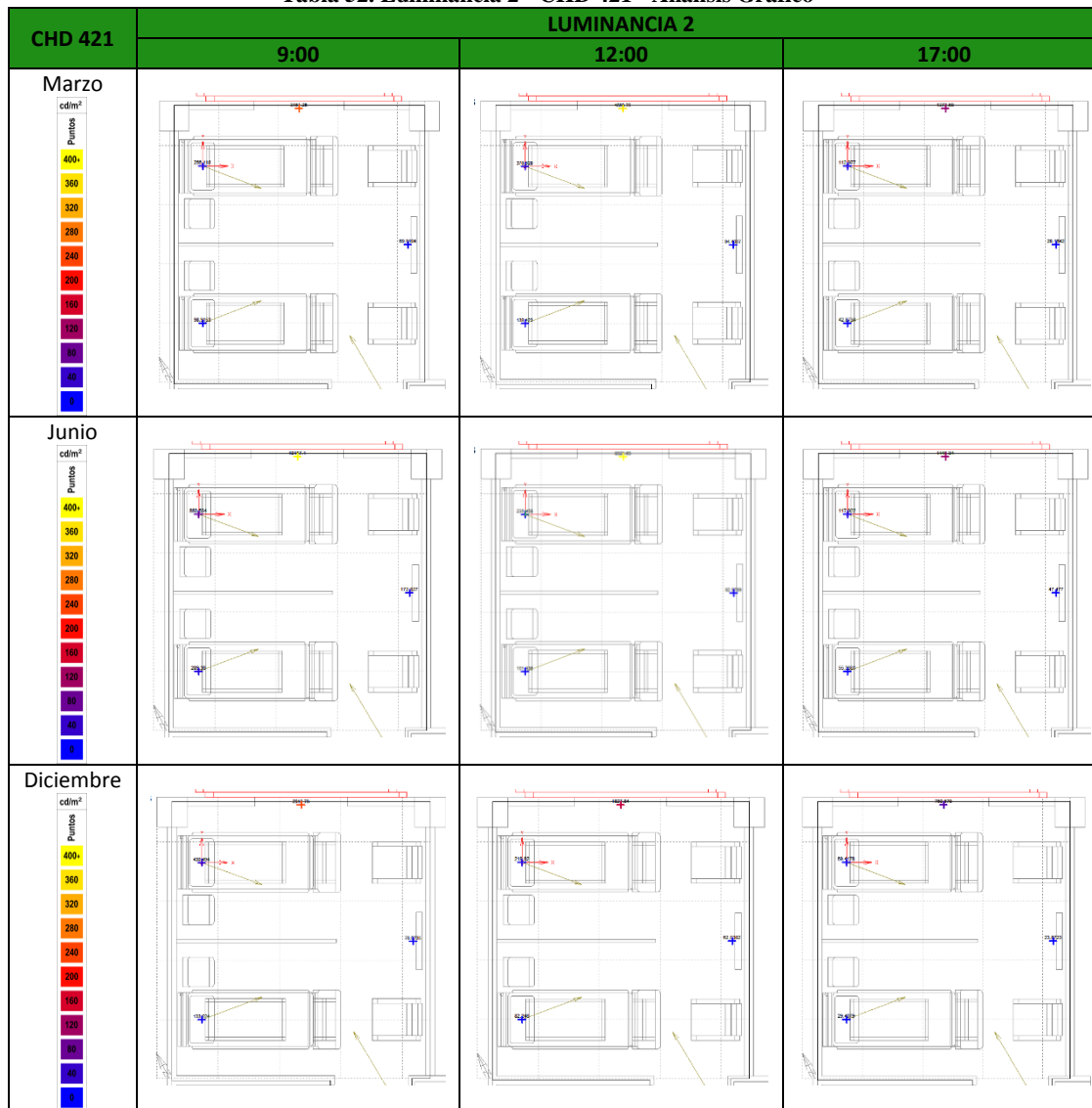
- La relación máxima recomendada de 10:1 entre el punto de visión del paciente uno y dos y un punto en el televisor se cumple en todo el año.
- La relación máxima recomendada de 10:1 entre el punto de visión del paciente uno y dos y la ventana, sólo se cumple para el paciente dos en diciembre a las 9 Y 12h, evidenciando un alto potencial de deslumbramiento de la ventana en el CHD 421.
- La luminancia en el punto visual del paciente uno y dos no supera las 500cd/m² exceptuando junio a las 9h con 881cd/m² presentando una escena visual “ligeramente perturbadora”, mientras que la luminancia en el punto de la ventana tiene un valor promedio mensual de 3031cd/m² en marzo y 6641cd/m² en junio, excediendo estos el valor umbral promedio recomendado de 2.000cd/m² en la parte despejada de la ventana; sin embargo la luminancia en diciembre presenta un valor promedio mensual de 1830cd/m² encontrándose en el rango aceptable.
- En conclusión el punto visual del paciente uno y dos tiene excelente relación de luminancias con el punto ubicado en el televisor, pero no con el de la ventana.

Tabla 51. Luminancia 2 - CHD 421 - Análisis numérico

CHD 421	LUMINANCIA 2								
	Hora	P1	P2	TV	Ventana	P1_TV	P2_TV	P1_Vent	P2_Vent
Marzo	9	99	256	70	3151	1	4	32	12
	12	138	379	94	4569	1	4	33	12
	17	43	113	28	1373	2	4	32	12
Promedio marzo		93	249	64	3031	1	4	32	12
Junio	9	289	881	173	10157	2	5	35	12
	12	101	235	83	8324	1	3	82	35
	17	55	118	47	1441	1	2	26	12
Promedio Junio		149	411	101	6641	1	3	48	20
Diciembre	9	133	430	78	2913	2	6	22	7
	12	82	220	62	1828	1	4	22	8
	17	29	69	24	751	1	3	26	11
Promedio diciembre		82	240	55	1830	1	4	23	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Luminancia 2 - CHD 421 - Análisis Gráfico



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES ANÁLISIS DE LA LUMINANCIA 2.

En la Tabla 53, se define que la relación de luminancias recomendada 10:1 entre un punto en el televisor y un punto en la posición de los ojos de los pacientes uno y dos, está adecuada a lo largo del año - Gráfico 19. Mientras que en la Tabla 54, entre un punto en la posición de los ojos del paciente uno y la ventana no se cumple en el 100% de los casos y en el paciente dos se cumple apenas el 30% de los casos - Gráfico 20.

Concluyendo, el punto de referencia visual situado en el televisor no presenta problemas de luminancias para los pacientes, mientras que la ventana podría ser factor de deslumbramiento para el paciente uno a lo largo todo del año, y para el paciente dos en el 70% del año; siendo las habitaciones 404 y 421 ambas con riostra las más desfavorecidas - ver Gráfico 21 y Gráfico 24, ya que alcanzan un porcentaje de cumplimiento apenas del 22%, mientras que la habitación 410 llega a un cumplimiento del 33% y la 415 del 44% - ver Gráfico 22 y Gráfico 23.

Tabla 53. Luminancia 2. Relación P1 y P2 - Televisor

CHD	P1_TV_40 4	P2_TV_40 4	P1_TV_41 0	P2_TV_41 0	P1_TV_41 5	P2_TV_41 5	P1_TV_42 1	P2_TV_42 1
M9	2	4	1	4	1	4	1	4
M12	2	2	1	4	1	4	1	4
M17	1	4	1	4	1	4	2	4
J9	2	5	1	2	1	3	2	5
J12	1	3	1	3	1	3	1	3
J17	1	3	2	5	2	6	1	2
D9	2	6	1	3	1	2	2	6
D12	2	4	1	3	1	3	1	4
D17	1	2	2	5	3	4	1	3
Promedio anual	1	4	1	4	2	4	1	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Luminancia 2. Relación P1 y P2 – Ventana

CHD	P1_V_404	P2_V_404	P1_V_410	P2_V_410	P1_V_415	P2_V_415	P1_V_421	P2_V_421
M9	33	12	29	11	30	11	32	12
M12	32	25	30	11	30	11	33	12
M17	33	12	30	11	30	11	32	12
J9	21	7	43	21	20	9	35	12
J12	23	10	65	27	20	8	82	35
J17	28	14	19	6	21	7	26	12
D9	30	9	24	11	33	16	22	7
D12	62	23	20	8	60	26	22	8
D17	20	12	20	7	10	6	26	11
Promedio anual	31	14	31	13	28	12	34	14

Fuente: Elaboración propia

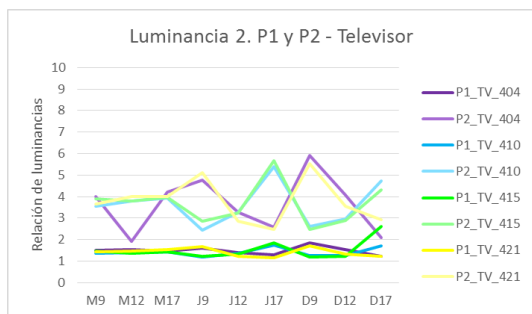


Gráfico 19. Luminancia 2. P1 y P2 – Televisor
Fuente: Elaboración propia

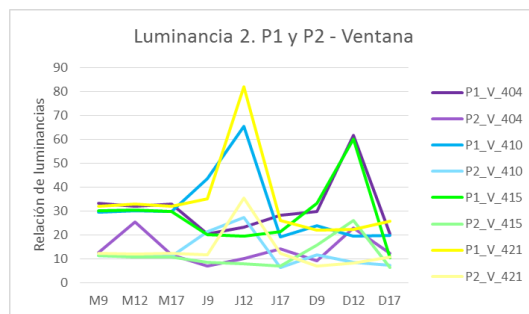


Gráfico 20. Luminancia 2. P1 y P2 – Ventana
Fuente: Elaboración propia

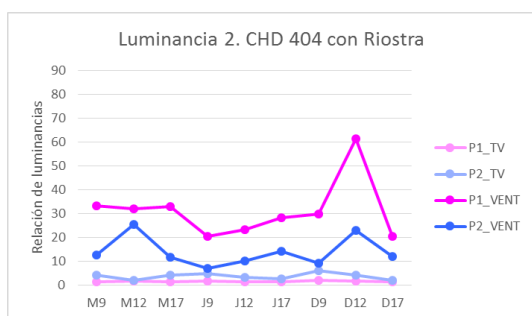


Gráfico 21. Luminancia 2 - CHD 404
Fuente: Elaboración propia

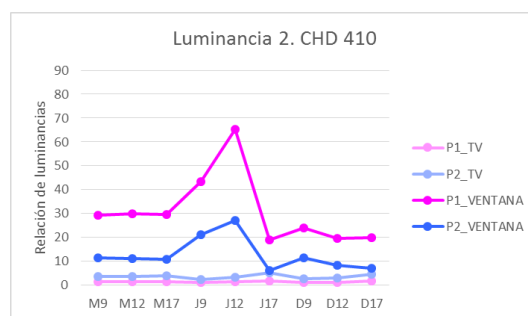


Gráfico 22. Luminancia 2 - CHD 410
Fuente: Elaboración propia

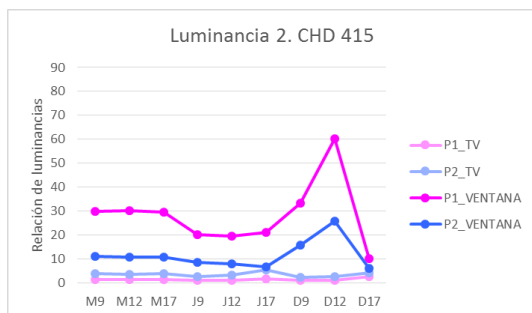


Gráfico 23. Luminancia 2 - CHD 415
Fuente: Elaboración propia

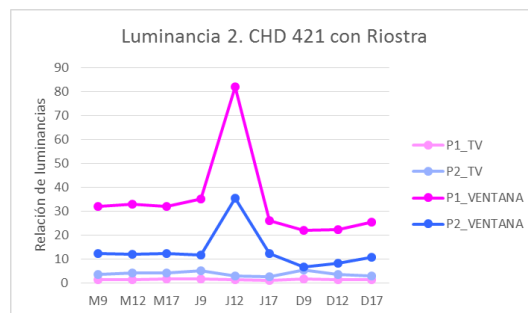


Gráfico 24. Luminancia 2 - CHD 421
Fuente: Elaboración propia

Así mismo, el porcentaje de cumplimiento anual del 42% de la luminancia 2 en la ventana que se muestra en la Tabla 55, evidencia que se excede en un 58% el valor umbral de 2.000cd/m² recomendado para la parte despejada de la ventana, representando esto un alto porcentaje de riesgo de deslumbramiento que podría significar también una alta posibilidad de que los pacientes bajen las persianas, perdiendo la posibilidad de aprovechar las ventajas de la luz natural (Lee, Hughes, Clear, Fernandes, Kiliccote, Piette, Rubinstein and Selkowitz 2007)

Tabla 55. Luminancia 2. Cumplimiento anual - Ventana

CHD	Luminancia CHD – cd/m ²				Luminancia CHD - cumplimiento				
	Hora	V_404	V_410	V_415	V_421	V_404	V_410	V_415	V_421
Marzo	9	3154	3208	3214	3151	N/C	N/C	N/C	N/C
	12	4610	4676	4677	4569	N/C	N/C	N/C	N/C
	17	1370	1399	1404	1373	C	C	C	C
Junio	9	2060	10142	2137	10157	N/C	N/C	N/C	N/C
	12	1635	8372	1693	8324	C	N/C	C	N/C
	17	1728	1487	1784	1441	C	C	C	C
Diciembre	9	4743	3006	4844	2913	N/C	N/C	N/C	N/C
	12	10364	1898	10428	1828	N/C	C	N/C	C
	17	1972	781	2025	751	C	C	N/C	C
Promedio anual CHD		3515	3885	3579	3834	44%	44%	33%	44%
Luminancia - Porcentaje de cumplimiento anual						42%			

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. RESULTADOS CASO DE ESTUDIO PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO POR LUZ DÍA.

La probabilidad de deslumbramiento por luz día se analizó con base en la posición de los ojos de los pacientes, teniendo como foco visual el televisor, estudiados en la luminancia 2 (ver Ilustración 7 pág.46)

Las simulaciones se realizaron utilizando como motor de cálculo el software Radiance a través de Evalglare, con los valores citados en la Tabla 19. Parámetros Radiance - Daysim. p. 44. El análisis de las imágenes con ojo de pez se logró modificando el archivo .riff de cada una de las cámaras en Radiance con el comando -vta -vh 180 -vv 180, para el paciente uno y dos en cada uno de los CHD.

La probabilidad de deslumbramiento – DGP - anual mostrada en la Tabla 56 y el Gráfico 25 evidencian la subestimación de deslumbramiento, encontrándose siempre los valores por debajo del 10%. En estos se hace evidente el aumento de DGP para el paciente dos en relación al paciente uno, aunque el DGP sea mínimo en ambos casos.

Tabla 56. DGP – CHD - Promedio anual.

CHD	Probabilidad de deslumbramiento – Promedio anual	
	DGP_P1	DGP_P2
404	0,04	0,03
410	0,05	0,04
415	0,05	0,04
421	0,05	0,04

Fuente: Elaboración propia

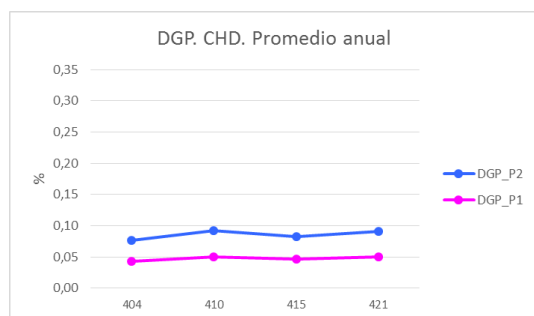


Gráfico 25. DGP - CHD. Promedio anual.
Fuente: Elaboración propia

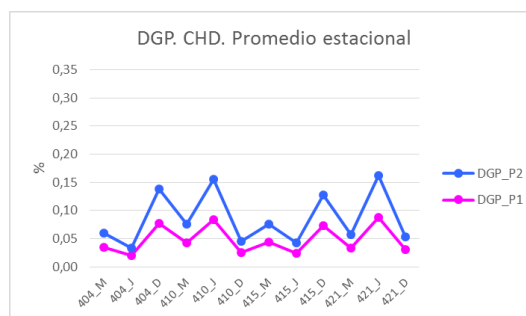


Gráfico 26. DGP - CHD. Promedio estacional.
Fuente: Elaboración propia

El DGP estacional mostrado en la Tabla 57 y el Gráfico 26, muestran una tendencia de comportamiento para los todos los CHD, siendo recurrente un aumento de DGP para los solsticios (junio - diciembre) y una disminución del DGP para los equinoccios (marzo – septiembre)

Tabla 57. DGP - CHD - Promedio estacional

CHD	Probabilidad de deslumbramiento – Promedio estacional	
	DGP_P1	DGP_P2
404_M	0,03	0,03
404_J	0,02	0,01
404_D	0,08	0,06
410_M	0,04	0,03
410_J	0,08	0,07
410_D	0,03	0,02
415_M	0,04	0,03
415_J	0,02	0,02
415_D	0,07	0,05
421_M	0,03	0,02
421_J	0,09	0,07
421_D	0,03	0,02

Fuente: Elaboración propia

Los Gráfico 27 y Gráfico 28, mediante un análisis comparativo permiten evidenciar la similitud del comportamiento anual del DGP para el paciente uno y dos, resaltando la similitud entre los CHD 404 y 415 y entre el CHD 410 y 421; como se mencionó anteriormente esto es consecuencia de la localización del local.

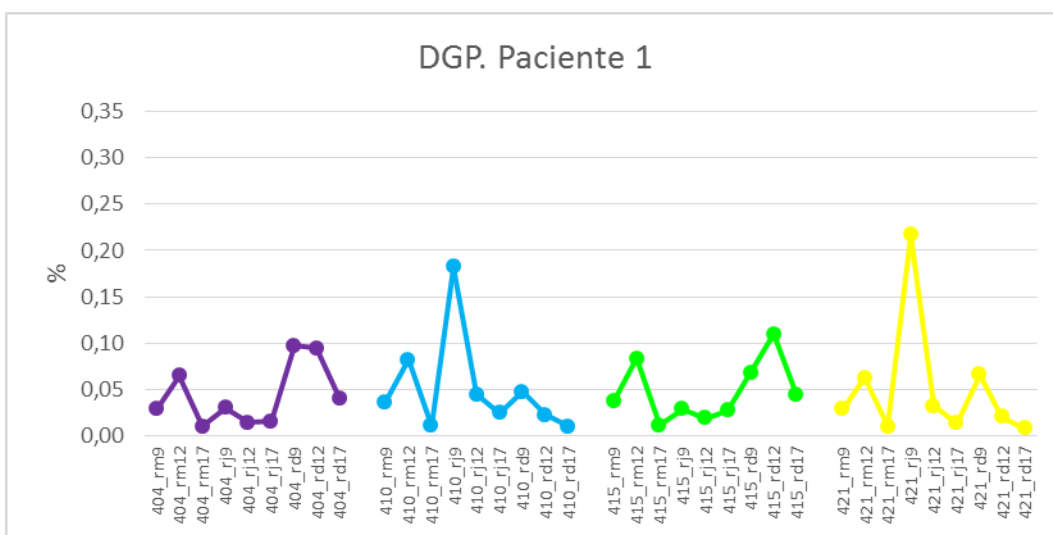


Gráfico 27. DGP - Paciente 1 – CHD 404 – 410 – 415 – 421

Fuente: Elaboración propia

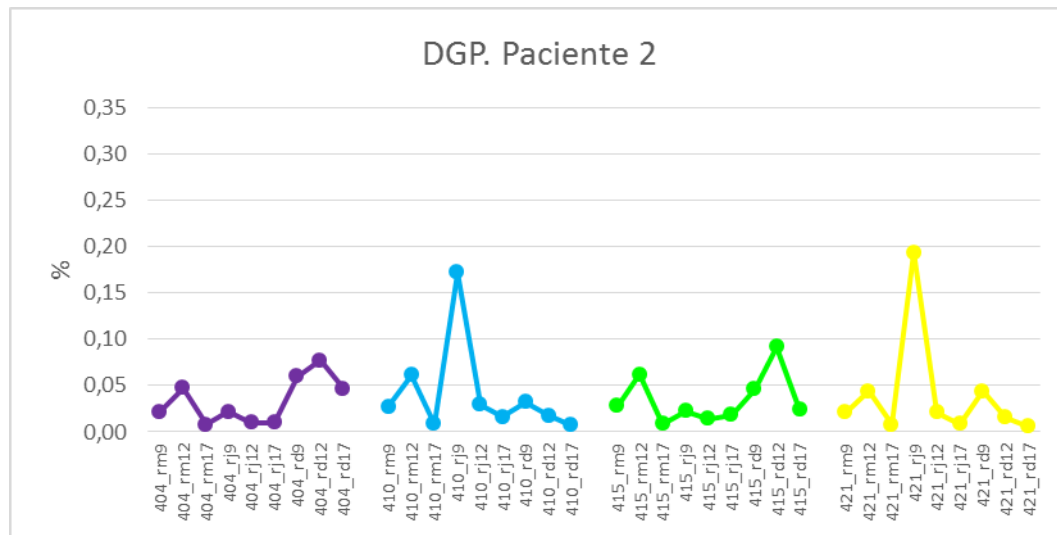


Gráfico 28. DGP - Paciente 2 - CHD 404 - 410 - 415 – 421
Fuente: Elaboración propia

La Tabla 58, Tabla 59, Tabla 60 y Tabla 61 permiten observar que la ventana no tiene mayor protagonismo en el campo visual del paciente uno, mientras que en el paciente dos la participación de la ventana es casi nula. Así mismo, se puede observar el aumento de iluminancias en el campo visual del paciente dos en relación al paciente uno.








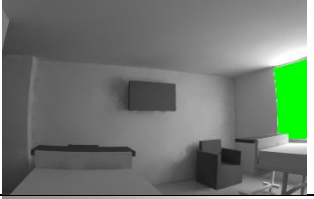










En conclusión los CHD 404 – 410 – 415 y 421 tienen una probabilidad de deslumbramiento por luz día imperceptible, lo cual garantiza las condiciones de confort visual al interior de los CHD.

Tabla 58. Probabilidad de deslumbramiento – DGP - CHD 404 - Análisis gráfico.

CHD 404	Probabilidad de deslumbramiento. DGP		
	9:00	12:00	17:00
M_P1			
J_P1			
D_P1			
M_P2			
J_P2			
D_P2			



















Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Probabilidad de deslumbramiento - DGP - CHD 410 - Análisis gráfico.

CHD 410	Probabilidad de deslumbramiento. DGP		
	9:00	12:00	17:00
M_P1			
J_P1			
D_P1			
M_P2			
J_P2			
D_P2			


















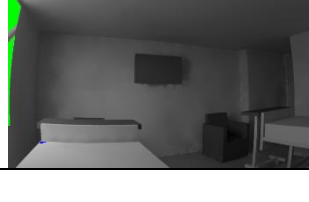
Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Probabilidad de deslumbramiento - DGP - CHD 415 - Análisis gráfico.

CHD 415	Probabilidad de deslumbramiento. DGP		
	9:00	12:00	17:00
M_P1			
J_P1			
D_P1			
M_P2			
J_P2			
D_P2			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Probabilidad de deslumbramiento - DGP - CHD 421 - Análisis gráfico.

CHD 421	Probabilidad de deslumbramiento. DGP		
	9:00	12:00	17:00
M_P1			
J_P1			
D_P1			
M_P2			
J_P2			
D_P2			

Fuente: Elaboración propia

3.3. RESULTADO DE ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO EFICIENCIA ENERGÉTICA POR ILUMINACIÓN.

3.3.1. DEMANDA ENERGÉTICA

Con base en el cálculo de la demanda energética anual (DE) establecido en la Tabla 17. Demanda energética anual - kWh/m²año. p. 42, y en los resultados de la autonomía de la luz día (DA) mostrados en la Tabla 21. Resultados de simulación en Daysim (%) - Tabla numérica. p. 51; se realizó el cálculo de la demanda energética anual para los CHD 404 – 410 – 415 y 421.

Como se puede corroborar en la Tabla 62, la demanda energética anual está en buen rango, encontrándose la autonomía de la luz día en un promedio anual del 70%, la demanda energética por iluminación artificial en un promedio anual del 30% y el consumo energético por iluminación en un promedio anual del 15 kWh/m²año.

Tabla 62. Demanda energética anual. CHD.

CHD	kWh/m ² año	DA (%)	DE (%)	DE_ kWh/m ² año
404	49,0	68	31,7	15,5
410	49,0	72	28,5	14,0
415	49,0	73	27,4	13,4
421	49,0	67	33,1	16,2
Promedio anual		70	30	15

Fuente: Elaboración propia

3.4. SÍNTESIS ANÁLISIS LUMÍNICO CASO DE ESTUDIO

Una vez finalizado el diagnóstico lumínico se realiza la síntesis de resultados de cada una de las variables de análisis.

3.4.1. FACTOR DE LUZ DÍA – AUTONOMÍA DE LUZ DÍA – SUPERFICIE EN RANGO

Como se puede observar en la Tabla 63, los valores más desfavorecidos corresponden para el factor de luz día a los CHD 404 y 421 con riostra; en la autonomía de la luz día para el CHD 421_R, el UDI <300 para el CHD 421. UDI 300-200 para el CHD 404 y el UDI >2000 para el CHD 415.

Tabla 63. Resultados de simulación en Daysim (%) - Tabla numérica

CHD	Factor de luz día	Autonomía de la luz día	UDI <300	UDI 300 - 2000	UDI >2000
404_R	2,67	68,3	31,6	59,7	8,6
410	3,07	71,5	28,5	62,4	9,1
415	3,07	72,6	27,4	61,9	10,7
421_R	2,67	66,9	33,1	58,9	8,1

Fuente: Elaboración propia

Los valores mostrados en la Tabla 64. Autonomía de la luz día evidencian que tanto el paciente uno como el paciente dos, tiene los menores porcentajes anuales en el CHD 421.

Tabla 64. Autonomía de la luz día

CHD	% anual	P1 % anual	P2 - % anual
404	68,3	55,2	82,1
410	71,5	59,6	84
415	72,6	61,4	84,3
421	66,9	52,7	81,9
Promedio general anual	70%	57%	83%

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. ILUMINANCIA

Como se muestra en la Tabla 65. Iluminancia media anual, el CHD 404 tiene el menor promedio anual, con un porcentaje de cumplimiento del 56% que comparte con el CHD 410 y 421.

Tabla 65. Iluminancia media anual

CHD	Emed CHD – lux					Emed CHD - cumplimiento			
	Hora	Emed 404	Emed 410	Emed 415	Emed 421	Emed 404	Emed 410	Emed 415	Emed 421
Marzo	9	342	392	394	343	C	C	C	C
	12	504	572	574	498	C	C	C	C
	17	149	171	172	148	N_C	N_C	N_C	N_C
Junio	9	268	1245	307	1190	N_C	C	C	C
	12	189	534	221	482	N_C	C	N_C	C
	17	202	219	235	186	N_C	N_C	N_C	N_C
Diciembre	9	443	419	496	371	C	C	C	C
	12	901	261	970	224	C	N_C	C	N_C
	17	334	111	446	94	C	N_C	C	N_C
Promedio anual CHD		370	436	424	393	56%	56%	67%	56%
Emed - Porcentaje de cumplimiento anual						58%			

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. LUMINANCIA 1. PARED DE FONDO TV (40:1)

Como se muestra en la Tabla 66, Tabla 67 y Tabla 68, se puede concluir que los CHD tienen una excelente relación entre la luminancia mínima y máxima, excelentes niveles de luminancia media y excelentes niveles de luminancia máxima, todos con un nivel de cumplimiento del 100%.

Tabla 66. Síntesis relación de luminancias 1 en CHD

CHD	404	410	415	421
M9	4	4	4	4
M12	4	4	4	4
M17	3	4	4	3
J9	3	5	5	3
J12	3	3	3	3
J17	6	3	3	6
D9	3	6	16	3
D12	3	4	4	3
D17	31	3	2	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67. Síntesis luminancia media 1 en CHD

CHD	404	410	415	421
M9	100	161	160	98
M12	147	238	228	143
M17	43	70	69	42
J9	90	419	177	218
J12	72	176	112	119
J17	91	87	93	79
D9	125	256	335	105
D12	151	148	290	79
D17	340	49	155	38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68. Síntesis luminancia máxima 1 en CHD

CHD	404	410	415	421
M9	201	339	341	192
M12	292	497	477	291
M17	85	145	149	85
J9	175	935	405	327
J12	142	314	221	216
J17	205	159	165	179
D9	215	667	1893	178
D12	275	291	585	150
D17	1518	95	254	80

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. LUMINANCIA 2. PUNTO VISUAL, TELEVISOR Y VENTANA (10:1)

Según la Tabla 69, la relación entre un punto en los ojos del paciente y la pared del televisor se cumple en el 100% de los casos, mientras que como se muestra en la Tabla 70, entre un punto en los ojos del paciente uno y la ventana no se cumple en el 100% de los casos y entre un punto en los ojos del paciente dos y la ventana apenas en el 30% de los casos. Siendo el CHD 404 Y 421 los más desfavorecidos. Finalmente, como se muestra en la Tabla 71 se tiene un porcentaje de cumplimiento anual del 42% de la luminancia 2 en la ventana.

Tabla 69. Luminancia 2. P1 y P2 - Televisor

CHD	P1_TV_404	P2_TV_404	P1_TV_410	P2_TV_410	P1_TV_415	P2_TV_415	P1_TV_421	P2_TV_421
M9	2	4	1	4	1	4	1	4
M12	2	2	1	4	1	4	1	4
M17	1	4	1	4	1	4	2	4
J9	2	5	1	2	1	3	2	5
J12	1	3	1	3	1	3	1	3
J17	1	3	2	5	2	6	1	2
D9	2	6	1	3	1	2	2	6
D12	2	4	1	3	1	3	1	4
D17	1	2	2	5	3	4	1	3
P. Anual	1	4	1	4	2	4	1	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Luminancia 2. P1 y P2 - Ventana

CHD	P1_V_404	P2_V_404	P1_V_410	P2_V_410	P1_V_415	P2_V_415	P1_V_421	P2_V_421
M9	33	12	29	11	30	11	32	12
M12	32	25	30	11	30	11	33	12
M17	33	12	30	11	30	11	32	12
J9	21	7	43	21	20	9	35	12
J12	23	10	65	27	20	8	82	35
J17	28	14	19	6	21	7	26	12
D9	30	9	24	11	33	16	22	7
D12	62	23	20	8	60	26	22	8
D17	20	12	20	7	10	6	26	11
P. Anual	31	14	31	13	28	12	34	14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Luminancia 2. Cumplimiento anual - Ventana

CHD	Luminancia CHD – cd/m ²					Luminancia CHD - cumplimiento			
	Hora	V_404	V_410	V_415	V_421	V_404	V_410	V_415	V_421
Marzo	9	3154	3208	3214	3151	N/C	N/C	N/C	N/C
	12	4610	4676	4677	4569	N/C	N/C	N/C	N/C
	17	1370	1399	1404	1373	C	C	C	C
Junio	9	2060	10142	2137	10157	N/C	N/C	N/C	N/C
	12	1635	8372	1693	8324	C	N/C	C	N/C
	17	1728	1487	1784	1441	C	C	C	C
Diciembre	9	4743	3006	4844	2913	N/C	N/C	N/C	N/C
	12	10364	1898	10428	1828	N/C	C	N/C	C
	17	1972	781	2025	751	C	C	N/C	C
Promedio anual CHD		3515	3885	3579	3834	44%	44%	33%	44%
Luminancia - Porcentaje de cumplimiento anual						42%			

Fuente: Elaboración propia

3.4.5. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO

Como se puede evidenciar en Tabla 74, no existe probabilidad de deslumbramiento para los pacientes en ninguno de los CHD.

Tabla 72. DGP – CHD - Promedio anual

CHD	Probabilidad de deslumbramiento – Promedio anual	
	DGP_P1	DGP_P2
404	0,04	0,03
410	0,05	0,04
415	0,05	0,04
421	0,05	0,04

Fuente: Elaboración propia

3.4.6. DEMANDA ENERGÉTICA

Como se puede corroborar en la Tabla 73, la demanda energética anual está en buen rango, encontrándose la autonomía de la luz día en un promedio anual del 70%, la demanda energética por iluminación artificial en un promedio anual del 30% y el consumo energético por iluminación en un promedio anual del 15 kWh/m²año.

Tabla 73. Demanda energética anual – CHD.

CHD	kWh/m ² año	DA (%)	DE (%)	DE_kWh/m ² año
404	49,0	68	31,7	15,5
410	49,0	72	28,5	14,0
415	49,0	73	27,4	13,4
421	49,0	67	33,1	16,2
Promedio anual		70	30	15

Fuente: Elaboración propia

3.4.7. CONCLUSIÓN ANÁLISIS LUMÍNICO CHD

El análisis lumínico de los CHD mostró un nivel intermedio aceptable en el factor de luz día; una autonomía de luz día buena para el paciente dos y regular para el paciente uno; bajos niveles de Iluminancia e incumplimiento del factor de uniformidad máxima y media; buenos contrastes en la iluminancia 1; buenos contrastes en la luminancia 2 en relación al televisor y malos contrastes en la luminancia 2 en relación a la ventana; y finalmente inexistencia de probabilidad de deslumbramiento. Este análisis también esclareció que hay poca diferencia en el comportamiento de las variables analizadas para el confort lumínico entre las habitaciones con riostra y las habitaciones sin riostra.

Con lo anterior, se concluye que por los bajos niveles de iluminancia los CHD no presentan riesgo de deslumbramiento, lo que hace evidente la necesidad de presentar estrategias de diseño pasivo que mejoren la captación de la iluminación natural y mejoren la distribución de iluminancias, tratando de disminuir la brecha en las condiciones del confort visual entre el paciente uno y dos.

Es importante resaltar que a medida de que se presenten modificaciones en el diseño de la ventana, la probabilidad de deslumbramiento podrá aumentar.

CAPÍTULO IV. ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO PARA CHD

El medio ambiente interior es vital en el contexto del hábitat sustentable y la eficiencia energética, sobre todo en hospitales, ya que requieren las mejores condiciones para los pacientes que permanecen 24 sobre 24. Además son considerados unos de los tipos de edificios de mayor demanda energética, en donde los cuartos de hospitalización ocupan gran volumen del edificio (Sherif et al. 2014). El confort visual y el paisaje que ofrece la ventana en los cuartos de hospitalización son esenciales para optimizar los tiempos de recuperación del paciente y generar ahorro energético.

“La iluminación eléctrica interior es un gran consumidor de energía, por lo general contribuye hasta un 10% y 15% del uso total de la energía de un hospital (...) La luz día puede ahorrar energía eléctrica por iluminación si está disponible un nivel suficiente de luz día para satisfacer los requisitos de iluminancia interior (...) La luz del día es a la vez un arte y una ciencia, y una amplia gama de tecnologías y técnicas se pueden utilizar para proporcionar luz uniforme sin deslumbramiento, suficiente iluminación, y un buen confort visual” (ASHRAE et al. 2012) p. 56.

“Las habitaciones de los pacientes están obligadas a tener ventanas con vistas al exterior, lo que a su vez les permite estar iluminadas naturalmente. La luz del día es importante porque los pacientes son especialmente sensibles a su entorno, y la habitación es el lugar principal o el único en el que pueden pasar el tiempo durante días, semanas o incluso meses (...) La fachada debe estar diseñada para permitir altos niveles de luz, pero sólo una cantidad limitada de luz directa, sobre todo en la cara del paciente (...) El deslumbramiento en las habitaciones de pacientes puede hacer a los pacientes, el personal o a los demás cerrar las persianas, lo que elimina el impacto potencial de la luz natural para la salud y las visuales, así como el beneficio de reducción de energía obtenida apagando la iluminación eléctrica” (ASHRAE, The American Institute of Architects, Illuminating Engineering Society of North America and U.S. Green Building Council and U.S. Department of Energy 2012) p. 57.

En este apartado se describen las estrategias pasivas de iluminación natural aplicadas al diseño de la fachada en relación a la ubicación, dimensión y materialidad de la ventana, en

pro de mejorar el confort visual y ampliar las visuales de los pacientes en cuartos de hospitalización doble (CHD).

Se toma como referencia la guía de diseño energético avanzado para grandes hospitales (ASHRAE, The American Institute of Architects, Illuminating Engineering Society of North America and U.S. Green Building Council and U.S. Department of Energy 2012) reconociendo la generalidad de estos conceptos, que ajustados a la realidad local permiten guiar las propuestas de diseño acorde a las necesidades particulares del caso de estudio. A continuación se enuncian las recomendaciones que se consideraron pertinentes a los objetivos de esta investigación:

- Desde una perspectiva de la eficiencia energética, se puede preferir una ventana más pequeña. Sin embargo, vistas al exterior, y especialmente vistas a la naturaleza, han demostrado mejorar los resultados en la salud (Ulrich 2008). El mejor balance es proporcionar una ventana que muestre una amplia vista sin prorrogar el acristalamiento en el suelo y el techo, permaneciendo dentro de la relación recomendada ventana pared de esta guía. p.59.
- DL7. Relación de la Ventana y el Muro (Zonas climáticas: todos) p.123.

Hay muchas consideraciones para la configuración de la ventana y el tamaño. La configuración y el tamaño de la ventana primero deben seguir los criterios de diseño impulsados por el interior como el tipo de ocupación, requisitos para la vista, la luz del día y la conectividad al aire libre. En segundo lugar, el diseño debe considerar la disponibilidad luz del día, la carga de enfriamiento máximo, y el uso de energía, lo que puede limitar el tamaño de la ventana y su ubicación para mantener los sistemas mecánicos de ser utilizado para enfriar el exceso de ganancia de calor solar. En los proyectos de salud para lograr el 50% de ahorro, por lo general la relación de la ventana y el muro de piso a cielo raso no deberán exceder del 40%.

- DL8. Altura de la Iluminación lateral, techo y ventanas (Zonas climáticas: todos) p.123.

Para una buena iluminación natural en los espacios de tipo celular, se recomienda una altura mínima de 2,74m. En los espacios públicos, que se extienden a mayor profundidad, como las zonas de espera y vestíbulos, la altura del techo, al menos

parcialmente, debe ser de 3m a 3,65m. Cuando la luz del día se ofrece exclusivamente a través de iluminación lateral, es importante elevar el techo en el perímetro y extender el vidrio hasta el techo. Se puede lograr una reflectancia adicional para aumentar los niveles de iluminación con un techo inclinado hacia la pared exterior – ver Imagen 9.

Las ventanas elevadas continuas generalmente son más eficaces para la distribución profunda de la luz en el espacio y proporcionan una mayor comodidad visual para los ocupantes que la ventana individual ("perforada") o la ventana vertical de ranura. La alineación de la parte superior o cabeza de las ventanas con la línea de techo también reduce el contraste entre la ventana y el techo y produce la mayor penetración de la luz del día.

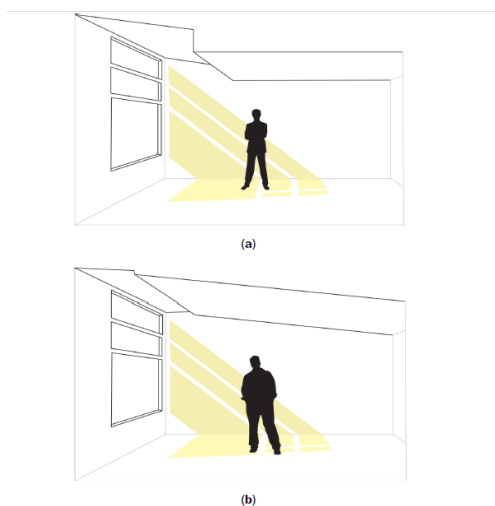


Figure 5-8 (DL8) (a) Raised Ceiling at Façade and (b) Sloped Ceiling at Façade

Imagen 9. (DL8) (a) Raised ceiling at facade and (b) sloped ceiling al facade
Fuente: (ASHRAE, The American Institute of Architects, Illuminating Engineering Society of North America and U.S. Green Building Council and U.S. Department of Energy 2012)

- DL11. Ventanas de Iluminación lateral, de pared a pared (Zonas climáticas: todos) p.124.

El aumento de los niveles de la ventana a nivel del techo es la primera prioridad para profundizar la penetración de la luz del día. Al ampliar el ancho de la ventana de pared a pared, las paredes divisorias adyacentes reciben una mayor exposición y actúan como fuentes indirectas de la luz del día, a la vez que logran una mayor profundidad de penetración de la luz del día.

- DL16. Sistemas de protección para eliminar la radiación solar directa (Zonas climáticas: todos) p.127.

Los sistemas de protección están diseñados para reducir la radiación solar. Sin embargo, en la mayoría de los casos también inadvertidamente causan pérdida de valiosa luz del día.

Fijo sombreado externo. P.128. La ganancia de calor solar se controla con mayor eficacia cuando la penetración se bloquea antes de entrar en el edificio. Las desventajas de los sistemas de protección exteriores pueden ser los problemas de accesibilidad para el mantenimiento y la limpieza de la fachada. Dispositivos fijos están diseñados para funcionar mejor en las horas punta, pero trabajan significativamente menos eficaces fuera del rango de tiempo optimizado. Existen diferentes configuraciones de sombreado exterior – ver Imagen 10.

- Dispositivos horizontales. Aleros y otras sombrillas, plafones, toldos, y enrejados responden bien a ángulos solares empinados y funcionan mejor en las fachadas orientadas al sur. Ganancias solares pasivas son posibles en invierno, sin embargo se requiere sombreado interior adicional para contrarrestar el deslumbramiento. Los aleros deben continuar más allá del ancho de la ventana y se debe colocar directamente encima de la ventana a la cabeza. Si voladizos están más altos que la cabeza de la ventana, la proyección horizontal debe ser extendida.
- Dispositivos verticales. Cortinas verticales o persianas horizontales configurados en arreglos verticales trabajan cuando están orientados al sur, al oeste o al este.

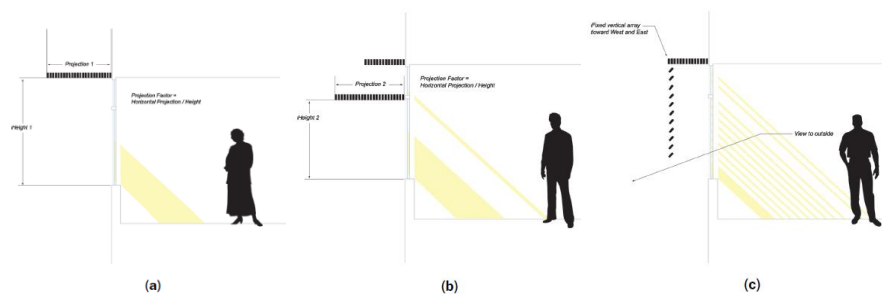


Imagen 10. (DL14) Fixed External Shading in (a and b) Horizontal Configuration and (c) Vertical Configuration.

Fuente: (ASHRAE, The American Institute of Architects, Illuminating Engineering Society of North America and U.S. Green Building Council and U.S. Department of Energy 2012)

- Sistemas de sombreado dinámico. P. 129.

Los sistemas dinámicos u operables son las protecciones solares más eficaces disponibles, ya que no han de renunciar a una sola posición para minimizar la ganancia de calor y maximizar la luz del día. Las tecnologías más comunes que se utilizan son los sistemas de persianas y cortinas de enrollar a base de tejido.

Automatizado o manual. P.131. El éxito de los espacios iluminados naturalmente depende de cómo los ocupantes interactúan con el sistema de iluminación natural. Esto es particularmente cierto para persianas o cortinas que están disponibles para el ajuste de los ocupantes. Los ocupantes están motivados para cerrar las persianas, pero no para volver a abrirlos. Los ocupantes ajustan las persianas para un largo plazo. Si las persianas se dejan cerradas, no se da cuenta del potencial de iluminación natural. Los sistemas automatizados permiten anulación usuario, pero pueden ser programados para restablecer a sí mismos a su posición / sistema basado en el rendimiento. También, si no se requiere funcionalmente oscurecimiento temporal de un espacio específico, no instale cortinas o persianas en el cristal de la luz del día. Persianas innecesarias reducen el rendimiento, el aumento de los costos iniciales, y mayores gastos de mantenimiento a largo plazo.

- Acabados interiores de iluminación natural (Zonas climáticas: todos) p. 132.

Seleccione los colores claros para paredes y techos interiores para aumentar la reflexión de la luz y reducir los requisitos de iluminación artificial y natural. El color del techo, las paredes, el piso y los muebles tienen un gran impacto en la efectividad de la estrategia de la luz del día. Al considerar las superficies de acabado, instale colores claros (blanco es el mejor) para asegurar que la luz del día se refleja en todo el espacio.

4.1. CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS EN LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO.

En respuesta a estas recomendaciones se plantean estrategias arquitectónicas de diseño pasivo sobre la fachada en relación a la dimensión, ubicación y materialidad de la ventana, así:

4.1.1. UBICACIÓN

Se analizan las siguientes estrategias:

- Desplazar la ventana hacia la pared del televisor, permitiendo ampliar el campo visual del paciente 1. Aunque esta estrategia supone disminución de los niveles de uniformidad máxima y extrema.
- Desplazar la ventana hasta el tope del cielo raso suponiendo una altura libre de 2.70m. Aunque esta estrategia pueda afectar las visuales del paciente
- Desplazar la ventana hacia la pared de respaldo de la cama. Aunque esta estrategia supone disminución de los niveles de uniformidad máxima y extrema y además enfatiza el registro visual del paciente uno sobre el paciente dos.

Por lo anterior, se considera que la ubicación de la ventana en relación a la dimensión de la misma y a la proporción del espacio, no requiere estudio profundo, pues a simple vista se pueden advertir las dificultades de las estrategias propuestas.

4.1.2. DIMENSIÓN.

Según lo recomendado por la guía de diseño energético avanzado para grandes hospitales (ASHRAE, The American Institute of Architects, Illuminating Engineering Society of North America and U.S. Green Building Council and U.S. Department of Energy 2012) y teniendo en cuenta que el mayor problema de los CHD fue el bajo nivel de iluminancia, se proponen las siguientes estrategias:

- Ampliar la ventana hasta la pared del televisor con la misma altura, buscando ampliar el campo visual al exterior y aumentar la captación de la luz día.
- Ampliar la ventana de pared a pared con la misma altura, buscando ampliar el campo visual al exterior, aumentar la captación de luz día y mejorar la uniformidad de la iluminancia.
- Ampliar la ventana de pared a pared y hasta el techo con una altura libre de 2.70m, buscando ampliar el campo visual al exterior, aumentar la captación de la luz día y mejorar la uniformidad.

4.1.3. MATERIALIDAD

Según lo recomendado por la guía de diseño energético avanzado para grandes hospitales (ASHRAE, The American Institute of Architects, Illuminating Engineering Society of North America and U.S. Green Building Council and U.S. Department of Energy 2012), para aumentar los niveles de iluminancia se proponen la siguiente estrategia:

- Aumentar la reflectancia del cielo raso y las paredes, para aumentar el nivel de iluminancia.

4.2. ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO PROPUESTAS

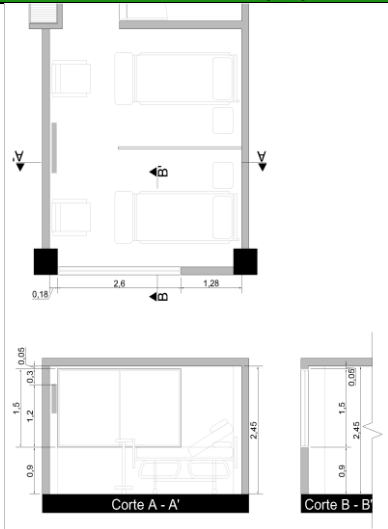
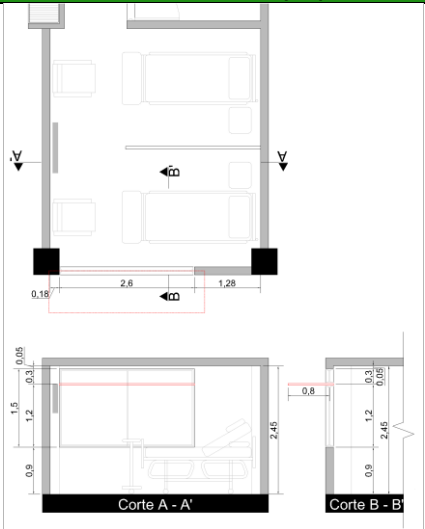
En coherencia con la conclusión del diagnóstico de los CHD que hace evidente la necesidad de presentar estrategias de diseño pasivo que mejoren la captación de la iluminación natural y mejoren la distribución de iluminancias, tratando de disminuir la brecha en las condiciones del confort visual entre el paciente uno y dos, se describen las estrategias de diseño pasivo aplicadas al diseño de la ventana divididas en tres grandes grupos, estos parten de la modificación de la dimensión de la ventana y se nombran como: 1_dimensión, 2_dimensión y 3_dimensión; a cada una de estas estrategias se les implementa una repisa horizontal externa e intermedia con diferentes dimensiones, generando así cuatro variaciones para la estrategia uno y seis variaciones para la estrategia dos y tres

M_H_S_E_E

respectivamente. La estrategia de diseño pasivo tres, que aumenta la altura libre de la habitación se propone con el ánimo de generar conocimiento para futuros hospitales.

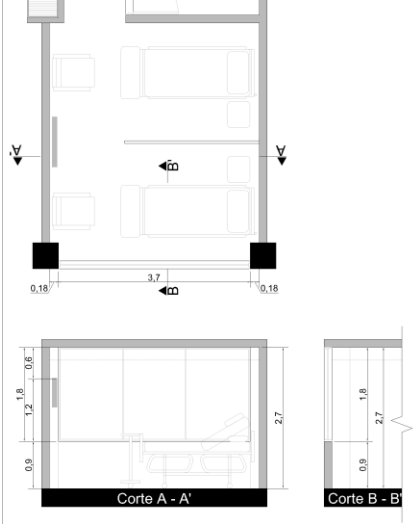
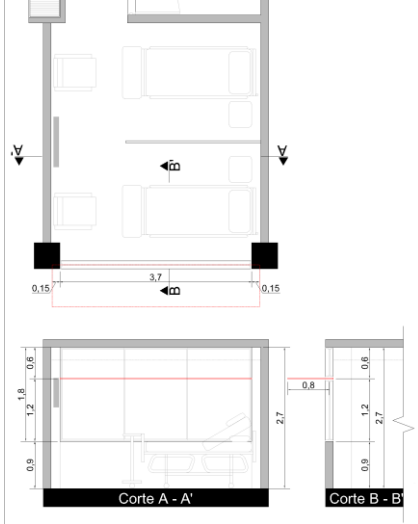
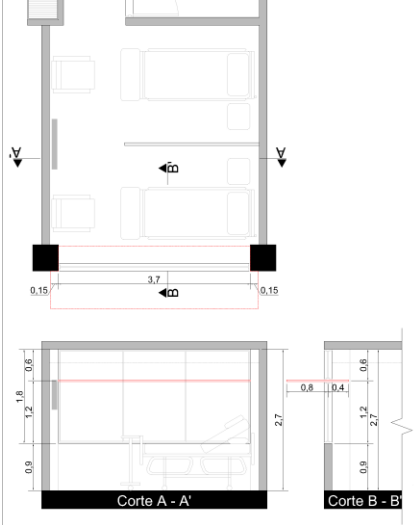
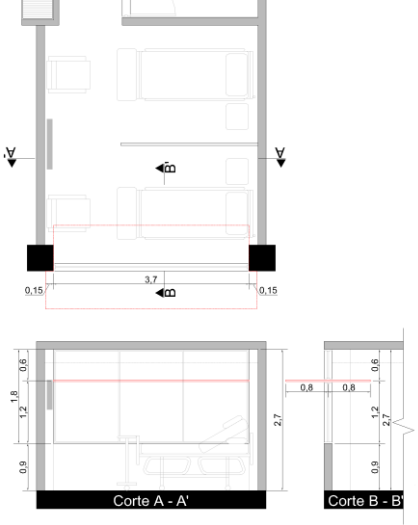
La reflectancia de las superficies se aumenta sólo un poco pasando de un coeficiente de reflexión del 0,77% al 0,80% suponiendo un mejor mantenimiento de las paredes.

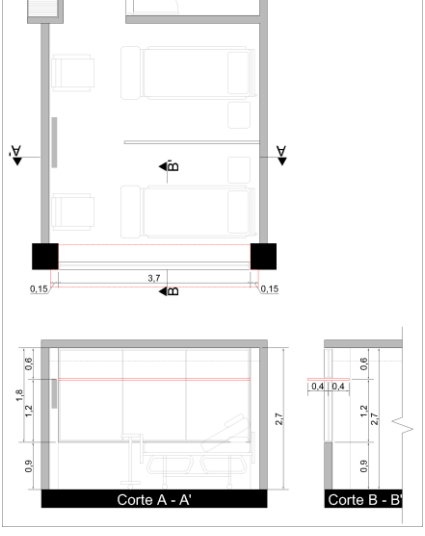
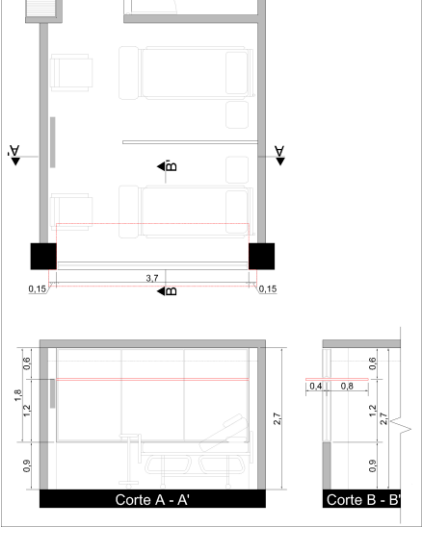
A continuación se describen cada una de las estrategias de diseño pasivo (EDP) aplicadas a la ventana de los cuartos de hospitalización doble 410 y 415 sin riostra:

<p>Ilustración 10. EDP_1_Dimensión Fuente: Elaboración propia</p>	<p>Ilustración 11. EDP_1_Repisa horizontal externa Fuente: Elaboración propia</p>
	
<p>Dimensión de la ventana 1.50x2.60m Repisa horizontal (RH) No aplica Dimensión de la RH No aplica Ubicación de la RH No aplica</p>	<p>Dimensión de la ventana 1.50x2.60m Repisa horizontal (RH) Externa Dimensión de la RH 0.80x3.00m Ubicación de la RH Externa 0.80m</p>

<p>Ilustración 12. 1_ Repisa horizontal intermedia 1 Fuente: Elaboración propia</p>	<p>Ilustración 13. 1_ Repisa horizontal intermedia 2 Fuente: Elaboración propia</p>
<p>Dimensión de la ventana 1.50x2.60m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 1.20x3.00m Ubicación de la RH Ext. 0.80m – In. 0.40m</p>	<p>Dimensión de la ventana 1.50x2.60m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 1.60x3.00m Ubicación de la RH Ext. 0.80m – In. 0.80m</p>
<p>Ilustración 14. 2_ Dimensión Fuente: Elaboración propia</p>	<p>Ilustración 15. 2_ Repisa horizontal externa Fuente: Elaboración propia</p>
<p>Dimensión de la ventana 1.50x3.70m Repisa horizontal (RH) No aplica Dimensión de la RH No aplica Ubicación de la RH No aplica</p>	<p>Dimensión de la ventana 1.50x3.70m Repisa horizontal (RH) Externa Dimensión de la RH 0.80x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.80m</p>

<p>Ilustración 16. 2_ Repisa horizontal intermedia 1 Fuente: Elaboración propia</p>	<p>Ilustración 17. 2_ Repisa horizontal intermedia 2 Fuente: Elaboración propia</p>
<p>Dimensión de la ventana 1.50x3.70m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 1.20x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.80m – In. 0.40m</p>	<p>Dimensión de la ventana 1.50x3.70m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 1.60x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.80m – In. 0.80m</p>
<p>Ilustración 18. 2_ Repisa horizontal intermedia 3 Fuente: Elaboración propia</p>	<p>Ilustración 19. 2_ Repisa horizontal intermedia 4 Fuente: Elaboración propia</p>
<p>Dimensión de la ventana 1.50x3.70m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 0.80x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.40m – In. 0.40m</p>	<p>Dimensión de la ventana 1.50x3.70m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 1.20x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.40m – In. 0.80m</p>

<p>Ilustración 20. 3_Dimensión Fuente: Elaboración propia</p>	<p>Ilustración 21. 3_Repisa horizontal externa Fuente: Elaboración propia</p>
	
<p>Dimensión de la ventana 1.80x3.70m Repisa horizontal (RH) No aplica Dimensión de la RH No aplica Ubicación de la RH No aplica</p>	<p>Dimensión de la ventana 1.80x3.70m Repisa horizontal (RH) Externa Dimensión de la RH 0.80x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.80m</p>
<p>Ilustración 22. 3_Repisa horizontal intermedia 1 Fuente: Elaboración propia</p>	<p>Ilustración 23. 3_Repisa horizontal intermedia 2 Fuente: Elaboración propia</p>
	
<p>Dimensión de la ventana 1.80x3.70m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 1.20x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.80m – In. 0.40m</p>	<p>Dimensión de la ventana 1.80x3.70m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 1.60x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.80m – In. 0.80m</p>

<p>Ilustración 24. 3_Repisa horizontal intermedia 3 Fuente: Elaboración propia</p>	<p>Ilustración 25. 3_Repisa horizontal intermedia 4 Fuente: Elaboración propia</p>
	
<p>Dimensión de la ventana 1.80x3.70m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 0.80x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.40m – In. 0.40m</p>	<p>Dimensión de la ventana 1.80x3.70m Repisa horizontal (RH) Intermedia Dimensión de la RH 1.20x4.00m Ubicación de la RH Ext. 0.40m – In. 0.80m</p>

En última instancia, se estudian las estrategias de diseño pasivo básicas aplicadas al diseño de la ventana (1_Dimensión, 2_Dimensión y 3_Dimensión) cambiando la orientación de los 27° que tiene el caso de estudio hasta a cero logrando una localización oriente occidente perfecta, en busca de identificar el impacto de la orientación de la fachada en el desempeño lumínico de los cuartos de hospitalización dobles. Esta estrategia se planteó al final del proceso, por lo que se conocía la similitud en el desempeño lumínico de los CHD 410 y 415, y se decidió estudiar el CHD 415 que presentaba mayor riesgo de deslumbramiento.

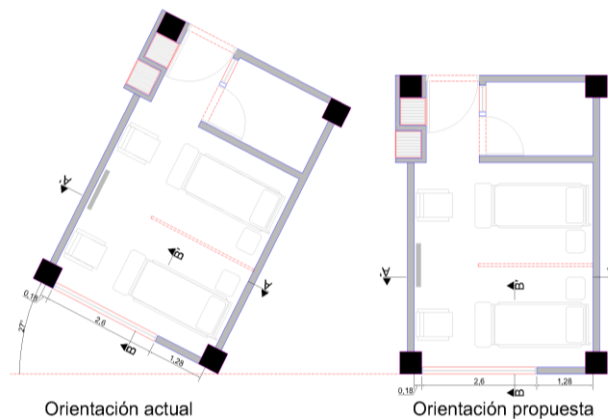


Ilustración 26. Cambio de orientación en las estrategias de diseño pasivo propuestas 1, 2 y 3.
Fuente: Elaboración propia

4.3. VALIDACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO PROPUESTAS.

Después de realizadas las simulaciones del factor de luz día, autonomía de la luz día, superficie en rango, luminancia 1, probabilidad de deslumbramiento y demanda energética, utilizando como motor de cálculo el software Radiance, a través de Ecotect, Daysim y Evalglare; Y considerando la extensión de los datos resultados de cada una de las estrategias y variables analizadas que dificulta la toma de decisiones; se utiliza como herramienta metodológica de síntesis, la integración de indicadores de desempeño lumínico en un tablero para evaluaciones de iluminación natural (Piderit and Besser 2013) permitiendo la comparación de la situación base con las nuevas soluciones arquitectónicas.

En el tablero propuesto por Piderit y Besser se integran seis indicadores con su escala de valor numérica y se puede leer fácilmente a través del uso del color, como se muestra a continuación:

Tabla 74. Factor de luz día. Escala de valor - Color

<2	>20	2-5	10-20	5-10
----	-----	-----	-------	------

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

Tabla 75. Autonomía de la luz día (%). Escala de valor – Color

<20	20-40	40-60	60-80	>80
-----	-------	-------	-------	-----

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

Tabla 76. Superficie "en rango". Escala de desempeño

<20	20-40	40-60	60-80	>80
-----	-------	-------	-------	-----

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

Tabla 77. Iluminancia media. Escala de valor - Color

<200	>5000	200-300	2000-5000	300-2000
------	-------	---------	-----------	----------

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

Tabla 78. Factor de Uniformidad. Umed. Escala de valor - Color

<0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	>0.5
------	---------	---------	---------	------

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

Tabla 79. Demanda energética. Escala de valor – kWh/m²año - Color²

>49	37,8 - 49	24,6 - 36,8	12,4 - 24,5	<12,3
-----	-----------	-------------	-------------	-------

Fuente: (Piderit and Besser 2013)

² La escala de valor de la demanda energética está adaptada a las necesidades de esta investigación – ver DEMANDA ENERGÉTICA p. 36.

Esta investigación evalúa además, la relación de luminancias en la pared del fondo del televisor, el factor de uniformidad máxima o extrema y la probabilidad del deslumbramiento por luz día para el paciente uno y dos, por lo cual, se vinculan estos indicadores de la siguiente manera:

4.3.1. FACTOR DE UNIFORMIDAD MÁXIMA O EXTREMA.

Sabiendo que El Umáx es el resultado de la iluminancia máxima sobre la iluminancia mínima de los valores obtenidos en el plano de trabajo analizado y no debe exceder una relación 5:1. $Umáx = Emáx/Emín$ y que además no hay lineamientos específicos para los hospitales, se utilizaron en los cuartos de hospitalización valores recomendados para un plano de trabajo; estableciendo un relación <5 como valor óptimo y una relación cuatro veces su valor, es decir, mayor a >20 como el peor de los casos y se escala proporcionalmente entre el peor y el mejor de los casos.

Tabla 80. Factor de uniformidad máxima. Escala de valor - Color

>20	15 - 20	10 - 15	5 - 10	<5
-----	---------	---------	--------	----

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. LUMINANCIA 1. PARED DE FONDO TV.

Teniendo en cuenta que la relación de luminancias entre la luminancia mínima y máxima en la pared del fondo del televisor se estableció con una relación máxima de 40 a 1 referido a todo el campo de visión– ver LUMINANCIA (L) p. 37 – se asumen los valores recomendados por Stein, B. and Reynolds, J.S. 2000. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, ninth edition. New York. John Wiley & Sons, Inc. Citados en (Choi 2005) de 20 a 1 entre las luminarias y las superficies adyacentes a ellas como excelente, por la importancia de la pared del televisor en el campo visual del paciente, como buena la relación 40 a 1 por presentarse como relación máxima y finalmente se propone el doble del valor con una relación máxima de 80 a 1 como malo, escalando proporcionalmente entre el peor y el mejor de los casos.

Tabla 81. Relación de luminancias Pared TV. Escala de valor - Color

>80	60 - 80	40 - 60	20 - 40	<20
-----	---------	---------	---------	-----

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO POR LUZ DÍA

La probabilidad de deslumbramiento por luz día propuesta por Wienold, tiene ya su escala de valor propia en términos humanos, calificando el deslumbramiento dentro del campo de visión como imperceptible <35%, perceptible entre el 35% -40%, perturbador entre el 40% -45%, e intolerable >45% citado en (Piderit, Bodart and Norambuena 2011) p. 778. Por lo cual, se asume esta calificación combinando las dos últimas casillas de la escala de valor con el color rojo.

Tabla 82. Probabilidad de deslumbramiento por luz día. Escala de valor - Color.

>45	40 - 45	35 - 40	<35
-----	---------	---------	-----

Fuente: (Piderit, Bodart and Norambuena 2011)

4.3.4. DIAGRAMA PROPUESTO

Como resultado de combinar las escalas de valor propuestas por (Piderit and Besser 2013) y vincular en la relación de luminancias en la pared del televisor y el factor de uniformidad máxima o extrema las escalas de valor, surge el siguiente diagrama:

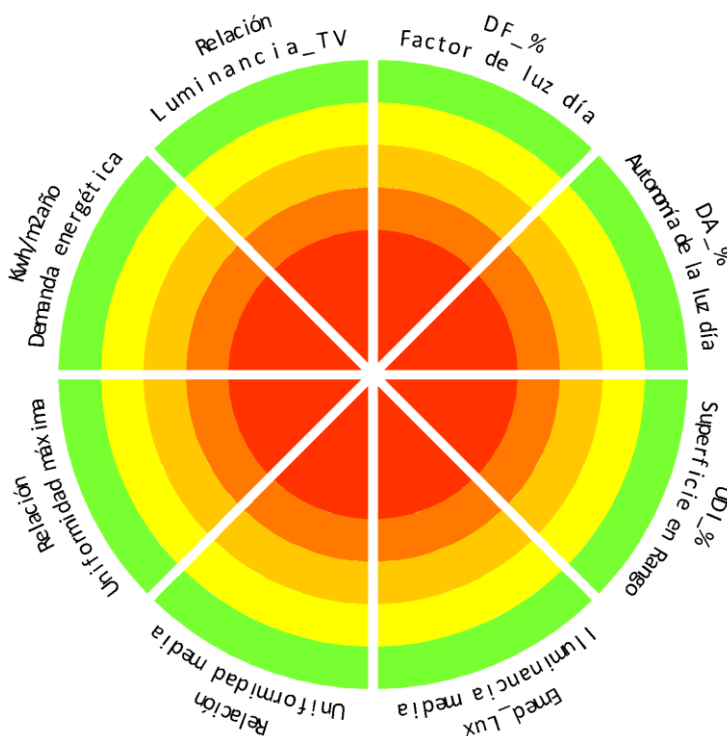


Ilustración 27. Diagrama de integración de indicadores de desempeño lumínico para HOSPITALES
Fuente: Elaboración propia

M_H_S_E_E

A este diagrama, no se le vincula la probabilidad de deslumbramiento por luz día, teniendo en cuenta la importancia de evidenciar los resultados para cada paciente en los nueve momentos representativos del año, sin embargo se le acompaña de los resultados en la parte inferior para ayudar a la toma de decisiones.

4.4. RESULTADOS ANÁLISIS LUMÍNICO ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO PROPUESTAS.

Una vez finalizado el análisis lumínico de cada una de las estrategias de diseño pasivo (EDP) se realiza la síntesis de resultados de cada una de las variables de análisis.

4.4.1. FACTOR DE LUZ DÍA – AUTONOMÍA DE LA LUZ DÍA – SUPERFICIE EN RANGO

La Tabla 83. CHD 410 - CHD 415. Factor de luz día - Autonomía de la luz día - Superficie en rango, permite observar:

Tabla 83. CHD 410 - CHD 415. Factor de luz día - Autonomía de la luz día - Superficie en rango

CHD 410	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
D_FACTOR	3,07	5,81	4,21	3,35	3,06	8,19	5,91	4,71	4,27	5,54	5,14	9,65	7,56	6,03	5,17	6,78	5,97
DA	71,5	85,7	83,3	80,7	78,8	90,1	88,2	86,3	84,9	87,3	86,1	92,3	91,3	90,1	88,7	90,7	89,4
UDI 300-2000	62,4	63,2	63,9	65,5	66,0	53,5	56,1	59,8	62,0	58,5	60,6	46,8	48,3	52,6	57,4	51,9	56,6
CHD 415	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
D_FACTOR	3,07	5,83	4,22	3,36	3,05	8,19	5,9	4,72	4,24	5,55	5,13	9,64	7,54	6,02	5,15	6,76	5,96
DA	72,6	86,3	83,9	81,5	79,7	90,7	88,8	87,0	85,4	88,0	86,8	92,7	91,8	90,7	89,3	91,2	90,1
UDI 300-2000	61,9	60,2	61,8	64,4	65,3	51,7	54,7	58,7	61,1	57,2	59,4	45,0	46,4	50,5	55,3	49,8	54,3

Fuente: Elaboración propia

- Hay igualdad de resultados en el factor de luz día, autonomía de la luz día y superficie en rango, a excepción de la EDP_2_RHI 4 del CHD 410 en donde el desempeño lumínico quedo en color amarillo diferente al CHD 415 en amarillo quemado con sólo un 1% de diferencia entre los dos.
- El factor de luz día no alcanza una escala de valor buena en las EDP_1 a excepción de la EDP_1_D en ambos CHD que llega a un nivel excelente. Mientras que en las EDP_2_D y 3_D se llega a un nivel excelente en la mayoría de los casos, exceptuando las EDP_2_RHI 1 y 2 que solo llegan a un nivel aceptable.

- La autonomía de la luz día tiene igual comportamiento para los CHD 410 y 415 en una escala de valor excelente en la mayoría de los casos, exceptuando la EDP_1_RHI 2 que llega a un nivel bueno.
- La superficie en rango UDI 300-2000 llega a un nivel aceptable y bueno en las EDP para el CHD 410 y 415, sin lograrse nunca un nivel excelente. Se puede notar que las EDP_1 mantienen mejor porcentaje de tiempo en el rango, y a medida que se aumenta el área de la ventana se aumenta el UDI >2000 disminuyendo el UDI 300-2000 y el UDI <300 – ver Tabla 84.

Tabla 84. CHD 410 – CHD 415. Superficie en rango.

CHD 410	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
UDI <300	28,5	14,2	16,7	19,2	21,1	9,8	11,8	13,6	15,0	12,7	13,8	7,6	8,6	9,8	11,2	9,3	10,6
UDI >2000	9,1	22,6	19,4	15,2	12,8	36,6	32,1	26,6	23,0	28,8	25,5	45,5	43,0	37,6	31,3	38,7	32,8
CHD 415	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
UDI <300	27,4	13,7	16,1	18,5	20,3	9,3	11,2	13,0	14,5	12,0	13,2	7,3	8,2	9,3	10,6	8,8	9,9
UDI >2000	10,7	26,1	22,1	17,1	14,4	39,1	34,0	28,3	24,3	30,8	27,3	47,7	45,4	40,2	34,0	41,4	35,8

Fuente: Elaboración propia

- La Tabla 85, demuestra que mientras la autonomía de la luz día va mejorando con cada una de las estrategias para el paciente uno y dos, la superficie en rango va disminuyendo en la escala de valor de bueno aceptable en las EDP_1 y 2 hasta regular en las EDP_3 para el paciente dos en ambos CHD, mientras que para el paciente uno, se mejora y mantiene en una escala de valor buena.

Tabla 85. CHD 410 - CHD 415. Superficie en rango y Autonomía de la luz día. Paciente 1 y Paciente 2. Escala de valor - Color

CHD 410_P1	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
UDI 300-2000	59,3	78,3	76,1	73,9	71,3	76,9	77,4	78,0	77,7	78,3	78,5	68,1	68,3	71,7	75,5	72,2	76,3
DA	59,6	79,8	77,1	74,5	71,8	85,4	83,1	81,1	79,2	82,1	80,4	88,8	87,8	86,8	85,3	87,2	85,7
CHD 410_P2	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
UDI 300-2000	67,3	50,4	53,9	59,1	62,4	31,2	36,1	43,4	48,6	40,6	45,2	25,1	28,0	33,4	40,0	31,8	38,1
DA	84,0	91,8	89,5	87,0	85,8	94,9	93,2	91,5	90,5	92,5	91,8	95,8	94,9	93,5	92,1	94,1	93,0
CHD 415_P1	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
UDI 300-2000	60,9	76,1	75,5	74,0	72,0	74,1	75,5	77,0	77,1	76,8	77,3	65,3	65,2	68,5	72,4	68,8	72,8
DA	61,4	80,7	77,9	75,5	72,9	86,5	84,2	82,2	80,0	83,3	81,4	89,5	88,7	87,8	86,3	88,2	86,9
CHD 415_P2	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
UDI 300-2000	64,6	46,2	50,1	56,6	60,2	30,3	35,0	41,9	47,2	39,2	43,6	24,5	27,4	32,4	38,8	30,8	36,6
DA	84,3	92,1	89,9	87,6	86,4	94,9	93,4	91,8	90,9	92,8	92,1	95,9	94,9	93,6	92,3	94,2	93,2

Fuente: Elaboración propia

- Para complementar el análisis, ver Anexo 1_CHD 410 Daysim y Anexo 2_CHD 415 Daysim.

4.4.2. ILUMINANCIA

La Tabla 86. CHD 410 - CHD 415. Iluminancia media - Escala de valor - Color, evidencia:

Tabla 86. CHD 410 - CHD 415. Iluminancia media - Escala de valor - Color

CHD 410	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
M9	392,09	748	529	452	396	1050	742	625	560	730	674	1241	966	785	686	905	785
M12	572,06	1087	768	670	590	1530	1080	923	818	1066	982	1805	1403	1127	985	1303	1148
M17	171,3	324	229	197	175	457	323	273	244	321	295	540	419	339	297	391	345
J9	1244,99	2257	1365	994	869	3345	1985	1398	1241	2016	295	4067	2780	2103	1559	2707	2159
J12	533,71	1046	585	510	440	1466	816	717	612	782	694	1656	1055	904	765	965	834
J17	218,51	425	323	282	256	584	446	385	350	445	410	686	564	471	421	530	474
D9	419,01	786	630	549	492	1137	895	784	704	872	798	1325	1124	953	847	1041	936
D12	260,54	500	447	411	362	705	629	556	509	582	533	821	760	652	598	677	608
D17	110,98	214	162	141	128	295	226	195	179	226	206	344	284	241	214	265	237
Anual	435,91	820,778	559,778	467,333	412	1174,33	793,556	650,667	579,667	782,222	543	1387,22	1039,44	841,667	708	976	836,222
CHD 415	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
M9	392	748	528	443	397	1050	745	615	549	730	667	1241	958	774	671	880	774
M12	572	1082	768	550	576	1530	1079	892	795	1066	970	1807	1397	1138	963	1271	1121
M17	171	325	230	192	172	457	322	265	237	316	290	539	420	337	292	381	338
J9	1245	583	489	435	391	826	689	596	547	638	597	958	833	712	632	742	680
J12	534	427	406	351	321	599	567	486	436	497	450	696	681	578	520	563	511
J17	219	459	343	292	266	631	473	404	371	468	431	739	601	507	444	565	502
D9	419	939	726	628	559	1352	1025	881	787	1005	924	1630	1348	1092	947	1205	1070
D12	261	1779	1134	686	609	2540	1612	967	842	1133	1022	2840	1971	1258	1061	1415	1226
D17	111	900	739	671	630	1183	963	873	812	964	909	1357	1153	1051	964	1136	1055
Anual	435,91	804,667	595,889	472	435,667	1129,78	830,556	664,333	597,333	757,444	695,556	1311,89	1040,22	827,444	721,556	906,444	808,556

Fuente: Elaboración propia

- El promedio anual de iluminancia media está en una escala de valor excelente para los CHD 410 y 415, los resultados no difieren uno del otro nunca por encima de 150lux, encontrándose una diferencia promedio de 34lux.
- Se evidencia similitud de desempeño estacional en todas las EDP, encontrándose en un nivel bueno - excelente en la mayoría del año, con valores por debajo de los 200 lux en marzo y diciembre a las 17h. también se puede observar que diciembre a las 17h presenta menores niveles de iluminancia para el CHD 410, encontrándose un desempeño malo aceptable en la mayoría de los casos.
- La Tabla 87. CHD 410 - CHD 415. Factor de uniformidad media. Escala de valor - Color, evidencia una tendencia de mejoramiento en el rendimiento del factor a medida que aumenta el área de la ventana, con un rendimiento predominante regular – malo en las EDP_1, un rendimiento regular aceptable en las EDP_2 y un rendimiento aceptable las EDP_3. También, se evidencia la dificultad de lograr factores de uniformidad por encima de 0,5 ya que el mejor promedio anual sólo se alcanza un relación de 0,37.

Tabla 87. CHD 410 - CHD 415. Factor de uniformidad media. Escala de valor - Color

CHD 410	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
M9	0,19	0,21	0,26	0,29	0,30	0,20	0,25	0,28	0,29	0,25	0,26	0,25	0,29	0,32	0,36	0,30	0,34
M12	0,19	0,22	0,27	0,29	0,29	0,21	0,26	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25	0,30	0,35	0,37	0,32	0,33
M17	0,19	0,21	0,28	0,29	0,30	0,21	0,26	0,28	0,30	0,25	0,26	0,25	0,45	0,35	0,38	0,32	0,33
J9	0,15	0,17	0,21	0,30	0,28	0,17	0,23	0,28	0,30	0,23	0,26	0,20	0,25	0,29	0,36	0,25	0,29
J12	0,15	0,17	0,27	0,29	0,31	0,17	0,26	0,30	0,32	0,42	0,30	0,20	0,30	0,34	0,38	0,32	0,35
J17	0,21	0,24	0,26	0,31	0,29	0,24	0,27	0,29	0,30	0,27	0,27	0,28	0,32	0,35	0,37	0,32	0,34
D9	0,24	0,26	0,31	0,31	0,31	0,26	0,29	0,32	0,33	0,31	0,29	0,31	0,35	0,38	0,40	0,36	0,37
D12	0,24	0,28	0,30	0,31	0,34	0,39	0,30	0,32	0,33	0,32	0,31	0,32	0,33	0,37	0,39	0,36	0,39
D17	0,22	0,24	0,27	0,29	0,32	0,24	0,29	0,30	0,31	0,27	0,27	0,28	0,31	0,36	0,36	0,32	0,34
Anual	0,20	0,22	0,27	0,30	0,30	0,23	0,27	0,29	0,31	0,29	0,28	0,26	0,32	0,34	0,37	0,32	0,34
CHD 415	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
M9	0,19	0,21	0,26	0,28	0,30	0,22	0,26	0,29	0,31	0,26	0,27	0,25	0,30	0,35	0,37	0,31	0,34
M12	0,19	0,21	0,36	0,35	0,30	0,21	0,39	0,29	0,29	0,26	0,26	0,25	0,29	0,35	0,38	0,31	0,34
M17	0,19	0,21	0,25	0,29	0,30	0,33	0,25	0,29	0,46	0,27	0,27	0,25	0,30	0,35	0,37	0,32	0,48
J9	0,15	0,27	0,30	0,32	0,33	0,28	0,29	0,33	0,32	0,43	0,31	0,32	0,34	0,38	0,40	0,37	0,38
J12	0,15	0,28	0,29	0,46	0,35	0,27	0,29	0,49	0,33	0,32	0,33	0,31	0,32	0,36	0,39	0,36	0,37
J17	0,21	0,24	0,28	0,30	0,29	0,24	0,27	0,29	0,29	0,26	0,28	0,28	0,31	0,35	0,37	0,55	0,34
D9	0,24	0,26	0,37	0,31	0,31	0,26	0,31	0,32	0,32	0,30	0,30	0,29	0,34	0,39	0,39	0,36	0,38
D12	0,24	0,15	0,20	0,31	0,32	0,15	0,19	0,31	0,32	0,28	0,28	0,18	0,23	0,35	0,39	0,32	0,36
D17	0,22	0,21	0,22	0,21	0,19	0,21	0,22	0,22	0,40	0,21	0,20	0,26	0,27	0,28	0,28	0,27	0,27
Anual	0,20	0,23	0,28	0,32	0,30	0,24	0,27	0,31	0,34	0,29	0,28	0,27	0,30	0,35	0,37	0,35	0,36

Fuente: Elaboración propia

- La Tabla 88. CHD 410 - CHD 415. Factor de uniformidad máxima. Escala de valor - Color, evidencia una tendencia de mejoramiento en rendimiento del factor a medida en que aumenta el área de la ventana, con un rendimiento aceptable en las EDP_1 a excepción de la EDP_1_D en la que predomina un rendimiento malo; un rendimiento aceptable bueno en las EDP_2 a excepción de junio a las 9h para el CHD 410 en la mayoría de las EDP y diciembre a las 12h para el CHD 415 EDP_2_D y 2_RHE; y finalmente un rendimiento bueno en las EDP_3 a excepción de junio a las 12 para la EDP_3_D y en diciembre a las 12h para el EDP_3_D y 3_RHE.

Tabla 88. CHD 410 - CHD 415. Factor de uniformidad máxima. Escala de valor - Color

CHD 410	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
M9	38	21,8	13,8	13,2	13,6	16,9	10,7	10,2	10,8	13	13	12,0	4,1	7,3	4,8	9	9
M12	37	21,6	13,3	13,0	14,0	16,2	10,5	10,0	6,5	12	13	3,3	7,5	6,9	7,0	9	9
M17	39	22,0	13,0	13,0	13,6	16,8	10,5	10,2	10,3	13	13	12,0	5,1	6,7	6,9	9	9
J9	52	29,8	31,3	29,8	36,7	21,5	21,2	23,5	24,4	22	13	15,0	14,0	15,1	16,4	15	16
J12	97	53,5	12,4	11,3	11,1	3,9	9,8	8,2	8,4	7	11	29,3	7,4	6,1	5,9	8	8
J17	29	16,4	12,6	11,4	13,1	12,6	9,4	9,5	9,7	11	12	9,4	6,9	6,6	6,7	8	8
D9	26	16,6	11,7	12,1	12,7	11,7	9,2	8,8	9,0	10	11	8,9	6,4	6,2	6,4	7	7
D12	25	14,7	11,0	10,4	10,1	7,8	8,4	8,0	8,4	9	10	8,6	6,7	5,9	5,9	7	7
D17	27	16,4	12,3	12,4	11,9	13,0	9,0	9,0	9,5	11	12	9,8	7,0	6,3	6,8	8	8
Anual	41	24	15	14	15	13	11	11	11	12	12	12	7	7	7	9	9
CHD 415	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
M9	38	22,0	14,0	13,6	13,4	15,8	10,4	9,7	10,1	12	13	11,9	7,7	6,7	7,1	9	9
M12	37	22,5	10,3	12,4	13,7	16,2	7,0	9,9	10,8	13	14	12,1	7,9	6,9	6,9	9	9
M17	39	22,3	14,7	13,4	14,0	10,5	10,9	10,1	6,8	12	13	12,0	7,5	6,6	7,1	9	6
J9	52	14,8	11,3	10,7	11,6	10,7	8,6	8,2	8,6	7	10	8,4	6,4	6,0	6,3	7	7
J12	97	15,2	11,1	6,7	9,5	11,6	8,8	4,8	7,7	8	9	9,2	7,0	5,7	5,7	6	7
J17	29	15,7	12,2	12,1	13,2	19,3	9,5	9,4	10,2	11	11	9,4	6,9	6,4	6,6	5	8
D9	26	16,5	9,6	11,9	13,4	11,9	8,8	9,0	9,6	10	11	12,5	9,7	6,1	6,7	7	8
D12	25	43,3	40,8	11,4	11,7	31,5	30,5	8,7	9,0	11	12	23,7	21,7	6,2	6,1	8	8
D17	27	12,2	11,0	11,9	14,0	10,6	9,8	10,1	6,0	11	12	7,9	7,1	7,0	7,4	8	8
Anual	41	20	15,0	12	13	15	12	9	9	11	12	12	9	6	7	7	8

Fuente: Elaboración propia

- El análisis de los resultados de estas tablas en conjunto con el análisis gráfico de la Iluminancia para los CHD 410 y 415 permitió evidenciar que la EDP_1, aunque

M_H_S_E_E

umenta la Emed no mejora lo suficiente las relaciones de Umed y Umáx, continuando el paciente uno, sin los niveles de iluminancia media requeridos.

- Para complementar el análisis, ver Anexo 3, 4 y 5_Iluminancia_CHD 410, Anexo 6, 7 y 8_Iluminancia_CHD 415, Anexo 9, 10 y 11_Iluminancia_CHD 410_falso color y Anexo 12, 13 y 14_Iluminancia_CHD 415_falso color.

4.4.3. LUMINANCIA 1. PARED DE FONDO TV.

La Tabla 89. CHD 410 - CHD 415. Luminancia 1. Escala de valor - Color, muestra los resultados de la relación de luminancias evaluadas en la pared del fondo del televisor demostrando una excelente relación a lo largo del año.

Tabla 89. CHD 410 - CHD 415. Luminancia 1. Escala de valor - Color

CHD 410	BASE	1_D	1_RHE	1_RH11	1_RH12	2_D	2_RHE	2_RH11	2_RH12	2_RH13	2_RH14	3_D	3_RHE	3_RH11	3_RH12	3_RH13	3_RH14
M9	4					6	6	11	9	9	9	5	5	10	9	7	8
M12	4					6	5	11	10	8	11	5	5	7	10	7	8
M17	4					6	5	10	11	8	10	5	5	10	10	8	9
J9	5					13	14	10	12	16	14	10	10	9	12	9	10
J12	3					5	6	11	12	10	11	4	5	9	11	8	10
J17	3					4	4	7	8	8	8	3	4	7	7	6	6
D9	6					8	7	9	4	8	8	6	6	8	9	8	8
D12	4					5	2	7	7	6	7	5	5	7	7	6	5
D17	3					5	5	7	8	7	8	4	4	6	6	5	6
Annual	4					7	6	9	9	9	9	5	6	8	9	7	8
CHD 415	BASE	1_D	1_RHE	1_RH11	1_RH12	2_D	2_RHE	2_RH11	2_RH12	2_RH13	2_RH14	3_D	3_RHE	3_RH11	3_RH12	3_RH13	3_RH14
M9	4	8	7	12	15	6	6	8	15	8	8	5	6	9	9	7	8
M12	4	8	7	12	13	6	6	8	10	8	9	5	5	8	9	7	8
M17	4	8	7	14	18	6	6	9	9	8	9	5	5	6	7	7	8
J9	5	8	8	9	10	6	6	6	7	6	6	5	5	6	7	6	6
J12	3	6	8	10	13	4	6	8	8	7	7	4	5	8	7	5	7
J17	3	5	5	11	11	4	5	7	8	6	7	4	4	6	7	5	7
D9	16	20	17	11	14	13	7	8	9	8	9	11	9	8	10	8	9
D12	4	14	13	17	16	10	9	11	12	9	11	8	8	10	11	10	10
D17	2	3	3	5	6	3	3	4	5	4	4	2	2	4	4	3	4
Annual	5	9	9	11	13	7	6	8	9	7	8	5	5	7	8	6	7

Fuente: Elaboración propia

- Para complementar el análisis, ver Anexo 15, 16 y 17_Luminancia 1_CHD 410, Anexo 18, 19 y 20_Luminancia 1_CHD 415, Anexo 21, 22 y 23_Luminancia 1_CHD 410_líneas de contorno y Anexo 24, 25 y 26_Luminancia 1_CHD 415_líneas de contorno.

4.4.4. PROBABILIDAD DE DESLUMBRAMIENTO

La Tabla 90. CHD 410 - CHD 415. Probabilidad de deslumbramiento por luz día. Escala de valor - Color, evidencia:

- Que las EDP en el CHD 410 no producen deslumbramiento a lo largo del año a excepción de la EDP_3_D en junio a las 17h para el paciente dos, mientras que el CHD

415 presenta deslumbramiento en diciembre a las 17h en casi todas las EDP, exceptuando las EDP 1_RHI 2, la 2_RHI 2, la 2_RHI 4 y la 3_RHI 4 todas con repisa horizontal interna de 0.80m.

Tabla 90. CHD 410 - CHD 415. Probabilidad de deslumbramiento por luz día. Escala de valor - Color

CHD 410	BASE		1_D		1_RHE		1_RHI_1		1_RHI_2		2_DIMENSION		2_RHE		2_RHI_1		2_RHI_2		2_RHI_3		2_RHI_4		3_DIMENSION		3_RHE		3_RHI_1		3_RHI_2		3_RHI_3		3_RHI_4		
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	
M9	0,04	0,03										0,20	0,18	0,17	0,17	0,16	0,13	0,10	0,17	0,14	0,15	0,11	0,22	0,19	0,21	0,19	0,21	0,17	0,20	0,13	0,21	0,17	0,20	0,14	
M12	0,08	0,06										0,23	0,20	0,22	0,20	0,22	0,19	0,21	0,17	0,22	0,19	0,21	0,18	0,23	0,21	0,23	0,21	0,23	0,20	0,23	0,18	0,23	0,20	0,21	0,19
M17	0,01	0,01										0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,13	0,02	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,02	0,05	0,04	0,05	0,03
D9	0,18	0,17										0,23	0,20	0,23	0,19	0,23	0,19	0,22	0,18	0,23	0,19	0,22	0,19	0,23	0,21	0,23	0,20	0,23	0,19	0,23	0,19	0,23	0,19	0,23	0,19
D12	0,04	0,03										0,20	0,17	0,19	0,17	0,18	0,16	0,16	0,12	0,18	0,16	0,16	0,12	0,21	0,18	0,21	0,18	0,21	0,18	0,20	0,15	0,21	0,17	0,20	0,15
D17	0,02	0,02										0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,07	0,08	0,05	0,11	0,08	0,09	0,06	0,20	0,89	0,19	0,18	0,17	0,11	0,16	0,07	0,18	0,11	0,16	0,08
D9	0,05	0,03										0,20	0,17	0,19	0,17	0,18	0,16	0,17	0,14	0,18	0,16	0,17	0,15	0,21	0,18	0,21	0,18	0,20	0,17	0,20	0,16	0,21	0,17	0,20	0,16
D12	0,02	0,02										0,13	0,14	0,13	0,14	0,12	0,13	0,10	0,12	0,12	0,10	0,10	0,17	0,16	0,17	0,16	0,16	0,14	0,15	0,12	0,16	0,14	0,14	0,13	
D17	0,01	0,01										0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,02
ANUAL	0,05	0,04										0,16	0,14	0,15	0,14	0,14	0,12	0,12	0,10	0,14	0,12	0,14	0,11	0,18	0,24	0,17	0,15	0,17	0,14	0,16	0,11	0,17	0,14	0,16	0,12
CHD 415	BASE		1_D		1_RHE		1_RHI_1		1_RHI_2		2_DIMENSION		2_RHE		2_RHI_1		2_RHI_2		2_RHI_3		2_RHI_4		3_DIMENSION		3_RHE		3_RHI_1		3_RHI_2		3_RHI_3		3_RHI_4		
M9	0,01	0,04	0,18	0,17	0,15	0,14	0,14	0,10	0,11	0,07	0,20	0,18	0,17	0,17	0,16	0,13	0,13	0,10	0,17	0,14	0,15	0,12	0,22	0,19	0,21	0,19	0,21	0,17	0,20	0,13	0,21	0,17	0,20	0,14	
M12	0,06	0,08	0,22	0,21	0,22	0,20	0,21	0,17	0,15	0,14	0,23	0,20	0,22	0,20	0,22	0,18	0,21	0,17	0,22	0,19	0,21	0,18	0,23	0,21	0,23	0,21	0,23	0,19	0,23	0,18	0,23	0,20	0,21	0,19	
M17	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,02	0,06	0,04	0,05	0,03	
D9	0,02	0,03	0,14	0,14	0,12	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,16	0,17	0,15	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,14	0,13	0,13	0,12	0,19	0,17	0,19	0,17	0,18	0,15	0,17	0,13	0,18	0,16	0,17	0,14	
D12	0,01	0,02	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08	0,08	0,06	0,05	0,10	0,12	0,11	0,13	0,10	0,11	0,08	0,08	0,10	0,10	0,08	0,08	0,14	0,14	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,10	0,13	0,12	0,12	0,09	
D17	0,02	0,03	0,15	0,15	0,12	0,12	0,10	0,09	0,08	0,05	0,17	0,17	0,14	0,14	0,12	0,08	0,10	0,08	0,13	0,09	0,11	0,07	0,21	0,20	0,19	0,19	0,12	0,17	0,08	0,20	0,13	0,18	0,09		
D9	0,05	0,07	0,20	0,17	0,19	0,17	0,19	0,16	0,17	0,15	0,21	0,21	0,18	0,20	0,18	0,20	0,17	0,19	0,16	0,21	0,18	0,21	0,18	0,21	0,18	0,21	0,18	0,21	0,18	0,21	0,18	0,21	0,18	0,21	0,18
D12	0,09	0,11	0,22	0,19	0,21	0,19	0,21	0,17	0,20	0,14	0,22	0,20	0,21	0,19	0,21	0,18	0,20	0,16	0,21	0,18	0,21	0,17	0,22	0,21	0,22	0,20	0,22	0,19	0,22	0,18	0,22	0,18	0,22	0,18	
D17	0,02	0,04	0,13	0,14	0,11	0,11	0,09	0,08	0,12	0,05	0,17	0,17	0,15	0,15	0,13	0,11	0,15	0,10	0,14	0,13	0,16	0,11	0,17	0,18	0,14	0,18	0,15	0,21	0,12	0,17	0,16	0,21	0,14		
ANUAL	0,04	0,05	0,22	0,14	0,21	0,13	0,20	0,10	0,12	0,08	0,23	0,16	0,22	0,15	0,21	0,12	0,13	0,10	0,21	0,13	0,14	0,11	0,25	0,17	0,25	0,17	0,24	0,15	0,18	0,12	0,24	0,15	0,18	0,13	

Fuente: Elaboración propia

- Para complementar el análisis, ver Anexo 27, 28 y 29_DGP Paciente 1_CHD 410, Anexo 30, 31 y 32_DGP Paciente 1_CHD 415 y Anexo 33, 34, 35_DGP Paciente 2_CHD 410 y Anexo 36, 37 y 38_DGP Paciente 2_CHD 415.

4.4.5. DEMANDA ENERGÉTICA

La Tabla 91. CHD 410 - CHD 415. Demanda energética anual. Escala de valor - Color, demuestra que todas las EDP están en una escala de valor excelente mejorando el caso base; las EDP_1 tiene un promedio de demanda energética anual del 8,6 kWh/m²año, las EDP_2 de 6,1 kWh/m²año y las EDP_3 de 4,6 kWh/m²año, demostrando la importancia del área de la ventana en el ahorro energético por iluminación.

Tabla 91. CHD 410 - CHD 415. Demanda energética anual. Escala de valor - Color

CHD 410	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
DE	13,9	7,0	8,2	9,4	10,4	4,8	5,8	6,7	7,4	6,2	6,8	3,8	4,3	4,8	5,5	4,6	5,2
CHD 415	BASE	1_D	1_RHE	1_RHI1	1_RHI2	2_D	2_RHE	2_RHI1	2_RHI2	2_RHI3	2_RHI4	3_D	3_RHE	3_RHI1	3_RHI2	3_RHI3	3_RHI4
DE	13,4	6,7	7,9	9,1	9,9	4,5	5,5	6,4	7,1	5,9	6,5	3,6	4,0	4,6	5,2	4,3	4,9

Fuente: Elaboración propia

4.4.6. ANÁLISIS ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO EN PROPUESTA GIRADA.

La Tabla 92, establece un comparativo entre los resultados de las EDP_1_D, 2_D y 3_D con los resultados del mismo CHD 415 con cambio de orientación de 27° a 0° llamados EDP_1_Dg, 2_Dg y 3_Dg; los resultados evidencian que el cambio de orientación de los CHD

M_H_S_E_E

no cambia el desempeño lumínico al interior del espacio y que sólo cambia la probabilidad de deslumbramiento por luz día del paciente uno al paciente dos en diciembre a las 17h. Ver anexo 39_Desempeño lumínico EDP - CHD 415_Girada, para complementar la información.

Tabla 92. CHD 415 Girado. Resultados de análisis lumínico y probabilidad de deslumbramiento por luz día. Escala de valor – Color

CHD 415_G	Escala de valor – Color						1 Dg		1 D		2 Dg		2 D		3 Dg		3 D		
	1 Dg	1 D	2 Dg	2 D	3 Dg	3 D	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	
D_FACTOR	5,82	5,83	8,17	8,19	9,6	9,64	M9	0,176	0,166	0,176	0,166	0,198	0,183	0,198	0,183	0,216	0,194	0,216	0,194
DA	85,7	86,3	90,5	90,7	92,6	92,7	M12	0,224	0,205	0,224	0,205	0,229	0,203	0,229	0,203	0,231	0,206	0,231	0,206
UDI 300-2000	62,1	60,2	53,7	51,7	46,8	45,0	M17	0,033	0,033	0,033	0,033	0,043	0,046	0,043	0,046	0,072	0,072	0,072	0,072
Emed	871	805	1226	1130	1434	1312	J9	0,163	0,153	0,137	0,141	0,181	0,166	0,164	0,166	0,198	0,174	0,191	0,173
Umed	0,23	0,23	0,26	0,24	0,26	0,27	J12	0,07	0,08	0,079	0,088	0,094	0,107	0,103	0,117	0,128	0,122	0,141	0,136
Umax	22	20	15	15	13	12	J17	0,088	0,091	0,145	0,145	0,107	0,116	0,166	0,169	0,161	0,158	0,210	0,199
DE	7,0	6,7	4,7	4,5	3,6	3,6	D9	0,227	0,21	0,203	0,173	0,225	0,194	0,211	0,179	0,213	0,201	0,210	0,184
L_TV	9	9	7	7	6	5	D12	0,223	0,205	0,217	0,189	0,226	0,204	0,219	0,196	0,226	0,212	0,216	0,206
							D17	0,12	0,621	0,726	0,136	0,144	0,622	0,728	0,167	0,193	0,622	0,730	0,181
							ANUAL	0,15	0,20	0,22	0,14	0,16	0,20	0,23	0,16	0,18	0,22	0,25	0,17
							UDI300-2000	77,8	48,6	76,1	46,2	77,0	31,3	74,1	30,3	67,7	25,5	65,3	24,5
							DA	79,5	92,2	80,7	92,1	86,0	94,9	86,5	94,9	89,3	95,9	89,5	95,9

Fuente: Elaboración propia

4.5. SÍNTESIS ANÁLISIS LUMÍNICO ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO – CHD 410 – CHD 415.

La Tabla 93. CHD 410. Resultados de análisis lumínico. Escala de Valor - Color y la Tabla

94. CHD 415. Resultados de análisis lumínico. Escala de Valor - Color, evidencian:

Tabla 93. CHD 410. Resultados de análisis lumínico. Escala de Valor - Color

	BASE	1 D	1 RHE	1 RHI1	1 RHI2	2 D	2 RHE	2 RHI1	2 RHI2	2 RHI3	2 RHI4	3 D	3 RHE	3 RHI1	3 RHI2	3 RHI3	3 RHI4
D_FACTOR	3,07	5,81	4,21	3,35	3,06	8,19	5,91	4,71	4,27	5,54	5,14	9,65	7,56	6,03	5,17	6,78	5,97
DA	71,5	85,7	83,3	80,7	78,8	90,1	88,2	86,3	84,9	87,3	86,1	92,3	91,3	90,1	88,7	90,7	89,4
UDI 300-2000	62,4	63,2	63,9	65,5	66,0	53,5	56,1	59,8	62,0	58,5	60,6	46,8	48,3	52,6	57,4	51,9	56,6
Emed	436	821	560	467	412	1174	794	651	580	782	543	1387	1039	842	708	976	836
Umed	0,20	0,22	0,27	0,30	0,30	0,23	0,27	0,29	0,31	0,29	0,28	0,26	0,32	0,34	0,37	0,32	0,34
Umax	41	24	15	14	15	13	11	11	11	12	12	7	7	7	7	9	9
DE	13,9	7,0	8,2	9,4	10,4	4,8	5,8	6,7	7,4	6,2	6,8	3,8	4,3	4,8	5,5	4,6	5,2
L_TV	4					7	6	9	9	9	9	5	6	8	9	7	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. CHD 415. Resultados de análisis lumínico. Escala de Valor - Color

	BASE	1 D	1 RHE	1 RHI1	1 RHI2	2 D	2 RHE	2 RHI1	2 RHI2	2 RHI3	2 RHI4	3 D	3 RHE	3 RHI1	3 RHI2	3 RHI3	3 RHI4
D_FACTOR	3,07	5,83	4,22	3,36	3,05	8,19	5,9	4,72	4,24	5,55	5,13	9,64	7,54	6,02	5,15	6,76	5,96
DA	72,6	86,3	83,9	81,5	79,7	90,7	88,8	87,0	85,4	88,0	86,8	92,7	91,8	90,7	89,3	91,2	90,1
UDI 300-2000	61,9	60,2	61,8	64,4	65,3	51,7	54,7	58,7	61,1	57,2	59,4	45,0	46,4	50,5	55,3	49,8	54,3
Emed	436	805	596	472	436	1130	831	664	597	757	696	1312	1040	827	722	906	809
Umed	0,20	0,23	0,28	0,32	0,30	0,24	0,27	0,31	0,34	0,29	0,28	0,27	0,30	0,35	0,37	0,35	0,36
Umax	41	20	15	12	13	15	12	9	9	11	12	12	9	6	7	7	8
DE	13,4	6,7	7,9	9,1	9,9	4,5	5,5	6,4	7,1	5,9	6,5	3,6	4,0	4,6	5,2	4,3	4,9
L_TV	5	9	9	11	13	7	6	8	9	7	8	5	5	7	8	6	7

Fuente: Elaboración propia

- Se evidencia similitud de desempeño estacional en todas las EDP y que existe una tendencia de mejoramiento en los resultados; si se compara el diagnóstico base con cada una de las estrategias de diseño pasivo (EDP), se nota que los valores se van

ajustando a los óptimos esperados cada vez más hasta estabilizarse en las EDP_3 y sus versiones.

- Las EDP_2 mejoran o mantiene la mayoría de los resultados con relación al diagnóstico base y a la EDP_1 exceptuando el UDI 300-2000; siendo mejor la EDP 2_RHI 2 en ambos CHD.
- La EDP_3, aumenta la mayoría de los resultados en cada una de las categorías de análisis exceptuando el UDI 300-2000; y además mantiene constante los indicadores del desempeño lumínico en cada una de sus versiones.
- Para complementar el análisis, ver anexo 40_Desempeño lumínico EDP - CHD 410 y anexo 41_Desempeño lumínico EDP - CHD 415.

En conclusión el análisis lumínico de las estrategias de diseño pasivo propuestas para los CHD 410 y 415 demostró un nivel aceptable - bueno en el factor de luz día; una autonomía de luz día excelente en el promedio anual, buena para el paciente uno y regular aceptable para el paciente dos; excelentes niveles de Iluminancia, factor de uniformidad media regular aceptable y factor de uniformidad máxima aceptable bueno; excelentes contrastes en la iluminancia 1; e inexistencia de probabilidad de deslumbramiento en la mayoría del año a excepción de diciembre a las 17h en el CHD 415 para el paciente 2.

4.6. ANÁLISIS GRÁFICO COMPARATIVO DE LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO

El análisis comparativo de las estrategias de diseño pasivo mediante la herramienta metodológica de síntesis, integración de indicadores de desempeño lumínico en un tablero para evaluaciones de iluminación natural en hospitales – que se pueden ver completos en los anexos – permitió seleccionar los mejores resultados de los CHD 410 y 415.

En la Ilustración 28. Comparación EDP con mejores resultados en la escala de valor, se pueden observar las cuatro mejores estrategias de diseño pasivo propuestas. Estas son seleccionadas del CHD 415 ya que existe igualdad en los resultados anuales de desempeño

M_H_S_E_E

lumínico para el CHD 410 y CHD 415 en todas las EDP, siendo la única diferencia la probabilidad de riesgo de deslumbramiento en el CHD 415.

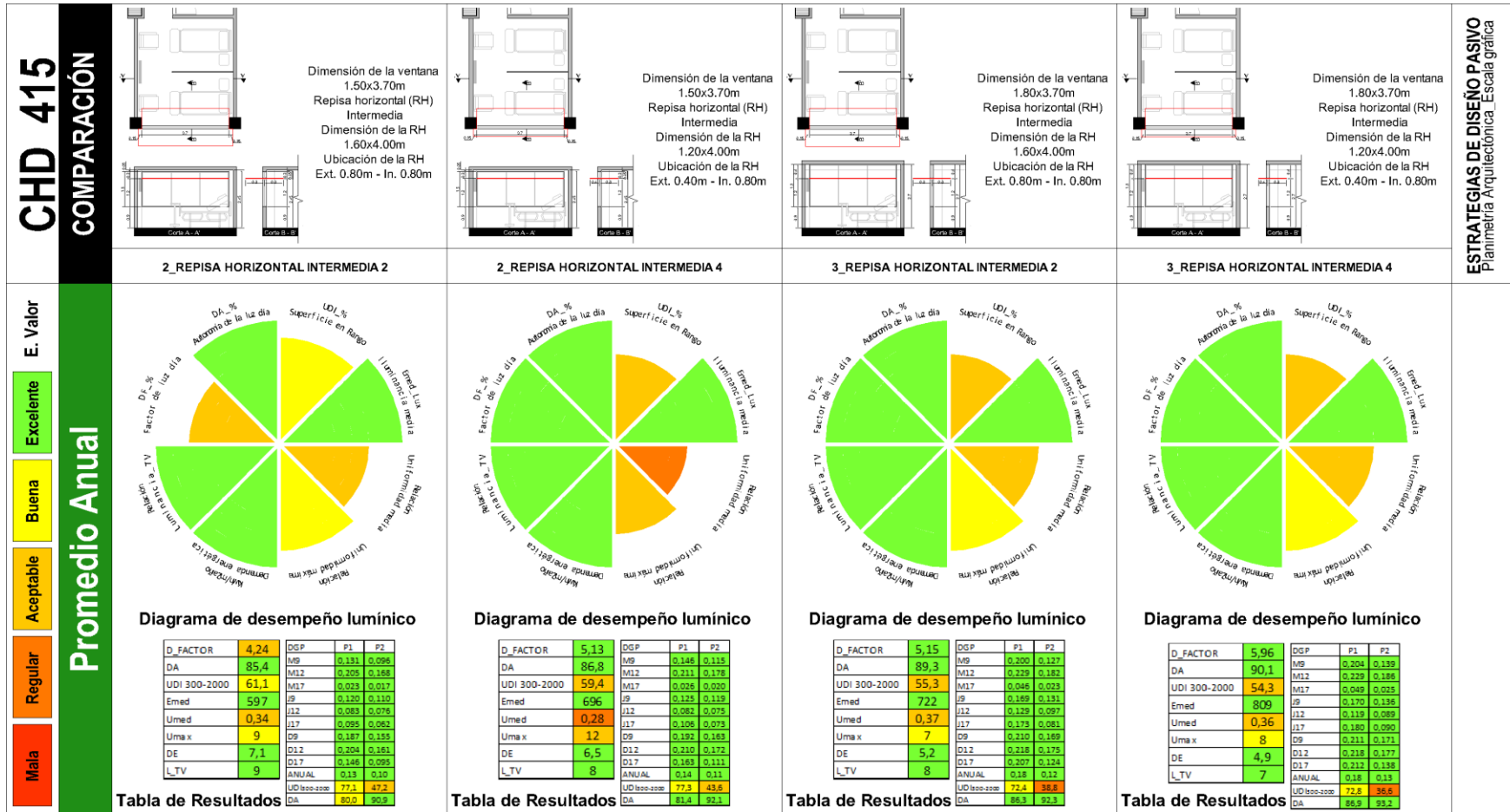
El análisis comparativo de estas cuatro estrategias evidencia lo siguiente:

- La EDP 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 2 en comparación con la EDP 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 4, presenta mayor uniformidad, mayor porcentaje de superficie en rango, pero también menor factor de luz día y mayor costo por la dimensión de la repisa, mientras que la EDP 2_RHI 4 tiene mayor factor de luz día y menor costo por la dimensión de la repisa, pero también menor superficie en rango y menor factor de uniformidad.

Una revisión a profundidad de la Emed, el Umed y el Umáx en las épocas de análisis establece que la EDP 2_RHI 2, tiene mejor comportamiento en estos valores.

- La EDP 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 2 en comparación con la EDP 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 4, presenta igualdad de desempeño lumínico en los promedios anuales, por lo cual, en primera instancia se podría decir que el factor diferencial está en el costo de la repisa por su dimensión. Sin embargo una revisión a profundidad de la Emed, el Umed y el Umáx en las épocas de análisis establece que la EDP 3_RHI 4, tiene mejor comportamiento en estos valores.
- La EDP 2_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 2 en comparación con la EDP 3_REPISA HORIZONTAL INTERMEDIA 4, presenta mayor superficie en rango pero menor factor de luz día, mientras que la EDP 3_RHI 4 presenta mayor factor de luz día pero menor superficie en rango con un nivel regular para el paciente dos.

Aunque la EDP 3_RHI 4 presenta menor costo de la repisa por su dimensión, tiene mayor costo por el área de la ventana y la superficie construida.



CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

El análisis y estudio de caso permitió establecer lineamientos para el uso de estrategias pasivas de diseño lumínico para futuros cuartos de hospitalización dobles localizados en climas fríos semihúmedos, concluyendo que por las condiciones climáticas y la iluminación unidireccional del espacio, el diseño de la fachada debe considerar no solo la dimensión y posición de la ventana sino también estrategias de captación acordes a la profundidad del local. Además, demostró el poco conocimiento que hay en la región sobre la implementación de estrategias de diseño pasivo y sirve como referente básico para un diseño arquitectónico saludable considerando que el medio ambiente lumínico es un aspecto clave para el bienestar de los pacientes y logra generar ahorros energéticos significativos.

La caracterización de nueve parámetros de análisis que influyen en el medio ambiente lumínico y la demanda energética permitió estudiar un hecho espacial de manera integral; considerando la importancia de estos en la calidad habitacional y en los tiempos de recuperación del paciente, se encontró recomendable utilizar el diagrama de integración de indicadores de desempeño lumínico para HOSPITALES como herramienta para sintetizar la diversidad de resultados.

Así mismo, se puede concluir que el diagnóstico del medio ambiente lumínico mediante simulación computarizada permite anticipar la calidad habitacional de un espacio, así como evaluar tipologías espaciales existentes y aunque sean significativos los tiempos de simulación estos nunca se comparan con el tiempo que requeriría estudiar la luz día en tiempo real.

Los bajos niveles de iluminancia en los CHD del caso de estudio hicieron evidente la necesidad de presentar estrategias de diseño pasivo (EDP) para mejorar la captación de la iluminación natural, mejorar la distribución de iluminancias y disminuir la diferencia en las condiciones del confort visual entre el paciente uno y dos. Por ello, se logró identificar cuatro estrategias que se acercan a los resultados óptimos esperados.

La metodología de investigación encontró que no es necesario estudiar la fachada norte y sur de manera independiente en una latitud tan cercana a la línea del ecuador (5°N para este caso), ya que se obtuvo el mismo desempeño lumínico anual para el factor de luz

M_H_S_E_E

día, autonomía de la luz día, superficie en rango, iluminancia media, factor de uniformidad media y máxima, demanda energética y relación de luminancias en los CHD 410 y 415; aun así, se recomienda estudiar la probabilidad de deslumbramiento de forma independiente, pues se evidenciaron resultados diferentes para los pacientes ubicados en los CHD 410 orientación norte y en los CHD 415 orientados sur. Junto a esto se puede concluir que un giro de 27° grados en la orientación de la fachada de los CHD, no presenta cambios significativos en el desempeño lumínico en comparación al mismo CHD orientado en un ángulo de 0°. Finalmente, la probabilidad de deslumbramiento en el CHD 415 para el paciente uno, se puede anular si se evita ubicar la cabecera de la cama en dirección al sol poniente, por lo cual se recomienda en futuros hospitales generar una agrupación lineal de salas de hospitalización en el piso y no simétrica, evitando la incidencia solar directa sobre los ojos de los pacientes.

Se encontró inoficioso estudiar la probabilidad de deslumbramiento por luz día bajo condiciones de cielo cubierto y con resultados de iluminancias que no alcanzan los valores mínimos recomendados, pues estas simulaciones requieren mucho tiempo y los resultados para dichos casos fueron despreciables.

De las 19 estrategias de diseño pasivo aplicadas al diseño de la fachada y la ventana se pudo identificar que las repisas horizontales intermedias con una longitud de penetración en el local de 80cm y externa de 80cm y 40cm para alturas libres de entrepiso de 2.40m y 2.70m respectivamente, tuvieron mejor desempeño como estrategias de captación de la luz día y prevención del deslumbramiento; aunque, la superficie en rango de iluminancias y el factor de uniformidad media y máxima estuvieron en un rango bueno - aceptable sin llegar nunca a un nivel excelente, demostrando que con una iluminación unidireccional es dificultoso alcanzar los mínimos recomendados.

TRABAJOS FUTUROS

En el desarrollo de la investigación se vio la necesidad de contar con la clasificación de los tipos de cielo para Manizales – Colombia, según las condiciones climáticas bimodales, lo que permitiría realizar un estudio con mayor porcentaje de acierto. De igual manera queda abierta la posibilidad de realizar un estudio de percepción cualitativo en los pacientes del hospital S.E.S. de Caldas, con el ánimo de contrastar los resultados obtenidos con la percepción del medio ambiente lumínico en el caso de estudio.

Finalmente se encuentra pertinente utilizar la metodología aplicada para el estudio de los cuartos de hospitalización doble en otras regiones con condiciones climáticas y casos de estudio diferentes.

BIBLIOGRAFÍA

ALZOUBI, H. A.-R., SANA'A; BATAINEH, RULA F. Pre-versus post-occupancy evaluation of daylight quality in hospitals. *Building and Environment*, 2010, 45(12), 2652-2665.

ASHRAE, THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA AND U.S. GREEN BUILDING COUNCIL AND U.S. DEPARTMENT OF ENERGY *Advanced Energy Design Guide for Large Hospitals*. Edtion ed. Atlanta: ASHRAE, 2012.

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE LUMINOTECNIA *ILUMINACIÓN - LUZ - VISIÓN - COMUNICACIÓN*. Edtion ed. Autónoma de Buenos Aires: VIC-NA, 2001.

AUTODESK. Autodesk Ecotect Analysis. In., 2014.

BELLIA, L., A. CESARANO, G. F. IULIANO AND G. SPADA. DETEC – Università degli Studi di Napoli Federico II, Piazzale Tecchio, 80 – 80125. 2015. Available from Internet:<http://www.fedoa.unina.it/1312/1/Bellia_paper.pdf>.

CHAUDHURY, H., A. MAHMOOD AND M. VALENTE. The Use of Single Patient Rooms vs. Multiple Occupancy Rooms in Acute Care Environments: A Review and Analysis of the Literature. 2003.

CHOI, J.-H., L. O. BELTRAN AND H.-S. KIM Impacts of indoor daylight environments on patient average length of stay (ALOS) in a healthcare facility. *Building and Environment*, 2012, 50, 65-75.

CHOI, J. H. STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN INDOOR DAYLIGHT ENVIRONMENTS AND PATIENT AVERAGE LENGTH OF STAY (ALOS) IN HEALTHCARE FACILITIES. In *Tesis para acceder al titulo de: Master of Science*. Texas, Estados Unidos de Norte América: Texas A&M University, 2005.

DAYSIM. ADVANCE DAYLIGHT SIMULATION SOFTWARE. In., 2014.

DUQUE ESCOBAR, G. Acecha El Niño fortalecido por el calentamiento global - See more at: <http://www.lapatria.com/columnas/32/acecha-el-nino-fortalecido-por-el-calentamiento-global>. In *LA PATRIA*. 2014, p. 1-1.

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS AND SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL. NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. In *DIARIO OFICIAL*. 2008.

FRAUNHOFER ISE. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. In., 2014.

INANICI, M. AND K. VAN DEN WYMELENBERG. A STUDY OF LUMINANCE DISTRIBUTION PATTERNS AND OCCUPANT PREFERENCE IN DAYLIT OFFICES. In. Quebec, Canada: PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2009.

INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGÍA HETEOROLOGÍA Y ADECUACIÓN DE TIERRAS (HIMAT). Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) Catálogo de la Red de Centros de Documentación del SINA. *Clasificaciones Climáticas* [Type of Work]. 1991. Available from Internet:<<http://koha.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10149>>.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE) AND COMITÉ ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN (CEI) *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación*.

Hospitales y Centros de Atención Primaria. Edición ed. Madrid: Publicaciones Técnica IDAE, 2001.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE) AND COMITÉ ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN (CEI). Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. In. Madrid, 2005.

JOARDER, A. AND A. D. PRICE Impact of daylight illumination on reducing patient length of stay in hospitals after coronary artery bypass graft surgery. *Lighting Research and Technology*, 2012, 1477153512455940.

KARATSOREOS, I. N. Effects of circadian disruption on mental and physical health. *Current neurology and neuroscience reports*, 2012, 12(2), 218-225.

KLEINDIENST, S. A. AND M. ANDERSEN. The Adaptation of Daylight Glare Probability to Dynamic Metrics in a Computational Setting. In *Lux Europa 2009. 11th European Lighting Conference*,. Istanbul, Turkey., 2009.

LEE, E., G. HUGHES, R. CLEAR, L. FERNANDES, et al. Daylighting the new york times headquarters building, final report: Commissioning daylighting systems and estimation of demand response. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, 2007, 15.

LI, D. H. A review of daylight illuminance determinations and energy implications. *Applied Energy*, 2010, 87(7), 2109-2118.

MEAD, M. N. Benefits of sunlight: a bright spot for human health. *Environmental health perspectives*, 2008, 116(4), A160.

PATTINI, A. Evaluación de la iluminación natural en edificios. Modelos a escala. *Avances en Energías*. <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2000/2000-t005-a004.pdf>. [Type of Work]. 2000.

PATTINI, A., R. RODRIGUEZ, C. LASAGNO, A. VILLALBA, et al. EVALUACIÓN DE DESLUMBRAMIENTO EN EDIFICIOS CON ILUMINACIÓN NATURAL EN CLIMAS SOLEADOS. EL CASO DE UNA BIBLIOTECA CON TECHO VIDRIADO. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 13, 2009, 169 - 177.

PIDERIT, B. AND D. BESSER. INTEGRATION OF LIGHTING PERFORMANCE INDICATORS INTO A DASHBOARD FOR DAYLIGHTING ASSESSMENTS. In *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*. Chambéry, France, August 26-28, 2013, p. 3035 - 3040.

PIDERIT, B., M. BODART AND T. NORAMBUENA. A Method for integrating visual comfort criteria in daylighting design of school. In *Architecture and Sustainable Development, Proceedings of PLEA*. Louvain-la-Neuve. Bélgica: 27th Conference on passive and low energy architecture., 2011, p. 777-782.

PROMATERIALES, R. ESPECIAL - ARQUITECTURA HOSPITALARIA. Los centros sanitarios más importantes de la actualidad nacional. 2010, vol. 35, [cited 22 de julio 2013], pp. 25 - 69. Available from Internet:<<http://www.doopaper.com/pubs/promateriales/promat35/>>. ISSN 1888 - 8410.

RAANAAS, R. K., G. G. PATIL AND T. HARTIG Health benefits of a view of nature through the window: a quasi-experimental study of patients in a residential rehabilitation center. *Clinical rehabilitation*, 2012, 26(1), 21-32.

RADIANCE. radiance-online.org. In., 2014.

REINHART, C. F., J. MARDALJEVIC AND Z. ROGERS Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. *Leukos*, 2006, 3(1), 7-31.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. D. T. AND M. Y. E. A. I. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA *Atlas Climatológico de Colombia*. Edtion ed.: IMPRENTA NACIONAL DE COLOMBIA, 2005.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA -UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME) Y MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. D. T.-I. D. H., METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) *Atlas de Radiación Solar de Colombia*. Edtion ed. Bogotá: UPME - IDEAM, 2005.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP. In. Bogotá D.C., 2010.

SALDARRIAGA ROA, A. *LA ARQUITECTURA COMO EXPERIENCIA. Espacio, cuerpo, sensibilidad*. Edtion ed. Bogotá D.C., Colombia: VILLEGAS EDITORES S.A., 2002.

SALONEN, H., M. LAHTINEN, S. LAPPALAINEN, N. NEVALA, et al. Design approaches for promoting beneficial indoor environments in healthcare facilities: a review. *Intelligent Buildings International*, 2013a, 5(1), 26-50.

SALONEN, H., M. LAHTINEN, S. LAPPALAINEN, N. NEVALA, et al. Physical characteristics of the indoor environment that affect health and wellbeing in healthcare facilities: a review. *Intelligent Buildings International*, 2013b, 5(1), 3-25.

SHEPLEY, M. M., R. P. GERBI, A. E. WATSON, S. IMGRUND, et al. The impact of daylight and views on ICU patients and staff. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 2012, 5(2), 46-60.

TAGLIABUE, L. C., M. BUZZETTI AND B. AROSIO Energy Saving Through the Sun: Analysis of Visual Comfort and Energy Consumption in Office Space. *Energy Procedia*, 2012, 30, 693-703.

ULRICH, R., C. ZIMRING, X. QUAN AND A. JOSEPH The role of the physical environment in the hospital of the 21st century: a once-in-a-lifetime opportunity. 2004. Centre for Health Systems and Design, College of Architecture, Texas A & M and College of Architecture, Institute of Technology, GA, Texas, 2004.

ANEXOS

- Anexo 1_CHD 410 Daysim
- Anexo 2_CHD 415 Daysim
- Anexo 3_Iluminancia_CHD 410_marzo
- Anexo 4_Iluminancia_CHD 410_junio
- Anexo 5_Iluminancia_CHD 410_Diciembre
- Anexo 6_Iluminancia_CHD 415_Marzo
- Anexo 7_Iluminancia_CHD 415_Junio
- Anexo 8_Iluminancia_CHD 415_Diciembre
- Anexo 9_Iluminancia_CHD 410_Junio_fc
- Anexo 10_Iluminancia_CHD 410_Junio_fc
- Anexo 11_Iluminancia_CHD 410_Diciembre_fc
- Anexo 12_Iluminancia_CHD 415_Marzo_fc
- Anexo 13_Iluminancia_CHD 415_Junio_fc
- Anexo 14_Iluminancia_CHD 415_Diciembre_fc
- ANEXO 15_Luminancia 1_CHD 410_Marzo
- ANEXO 16_Luminancia 1_CHD 410_Junio
- ANEXO 17_Luminancia 1_CHD 410_Diciembre
- ANEXO 18_Luminancia 1_CHD 415_Marzo
- ANEXO 19_Luminancia 1_CHD 415_Junio
- ANEXO 20_Luminancia 1_CHD 415_Diciembre

M_H_S_E_E

- ANEXO 21_Luminancia 1_CHD 410_Marzo_cl
- ANEXO 22_Luminancia 1_CHD 410_Junio_cl
- ANEXO 23_Luminancia 1_CHD 410_Diciembre_cl
- ANEXO 24_Luminancia 1_CHD 415_Marzo_cl
- ANEXO 25_Luminancia 1_CHD 415_Junio_cl
- ANEXO 26_Luminancia 1_CHD 415_Diciembre_cl
- ANEXO 27_DGP Paciente 1_CHD 410_Marzo
- ANEXO 28_DGP Paciente 1_CHD 410_Junio
- ANEXO 29_DGP Paciente 1_CHD 410_Diciembre
- ANEXO 30_DGP Paciente 1_CHD 415_Marzo
- ANEXO 31_DGP Paciente 1_CHD 415_Junio
- ANEXO 32_DGP Paciente 1_CHD 415_Diciembre
- ANEXO 33_DGP Paciente 2_CHD 410_Marzo
- ANEXO 34_DGP Paciente 2_CHD 410_Junio
- ANEXO 35_DGP Paciente 2_CHD 410_Diciembre
- ANEXO 36_DGP Paciente 2_CHD 415_Marzo
- ANEXO 37_DGP Paciente 2_CHD 415_Junio
- ANEXO 38_DGP Paciente 2_CHD 415_Diciembre
- ANEXO 39_Desempeño lumínico EDP - CHD 415_Girada
- ANEXO 40_Desempeño lumínico EDP - CHD 410
- ANEXO 41_Desempeño lumínico EDP - CHD 415