



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL SAN CARLOS (HSC) DE LA COMUNA SAN CARLOS.

AUTOR: JEANINE EDUARDO VALENZUELA CONTRERAS.

SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN ELECTRICIDAD

CONCEPCIÓN – CHILE
2016



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL SAN CARLOS DE LA COMUNA SAN CARLOS.

AUTOR: JEANINE EDUARDO VALENZUELA CONTRERAS.

PROFESOR GUÍA:	FABRICIO SALGADO DÍAZ.
PROFESOR CORRECTOR:	JUAN CARLOS DELGADO NAVARRO.
PROFESOR CORRECTOR:	JAVIER RIEDEMANN AROS.

AGRADECIMIENTOS.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a Dios por sobre todo, la oportunidad de estudiar esta carrera universitaria y de poder alcanzar tal logro, el de terminar esta etapa que solo es un escalón en mi vida, aún me quedan muchas metas por conseguir, pero sé que con Dios todo es posible.

También debo agradecer grandemente a mis padres, Jeanine E. Valenzuela A. y Margarita L. Contreras M. los cuales me brindaron todo para poder sacar mi carrera, sacrificándose por mi bienestar, siempre estaré agradecido y en deuda con ellos, por todo lo que me han dado.

Por último y muy especialmente quiero agradecer a Miriam S. Caro M, mi novia. La cual me apoyó desde el comienzo de este seminario, instándome a seguir adelante, dándome fuerzas y aliento a terminar dicho proceso. Le doy las gracias por todo lo que hizo, por ayudarme.

Agradecimientos a:

Sr. Ramón Sandoval.

Jefe mantención Hospital San Carlos, quien abrió las puertas para que este proyecto fuese posible.

Profesores guía:

Sr. Fabricio Salgado.

Sr. Juan Carlos Delgado

Sr. Javier Riedemann

Se les agradece el apoyo, la visión crítica y la disposición de su valioso tiempo para ayudarme en el presente seminario de título. Gracias por todo.

ÍNDICE.

ÍNDICE.

Resumen.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivo Especifico.....	5
Introducción.....	6
Capítulo I: Descripción General.....	7
1.1.-Reseña Hospital.....	7
1.2.-Luminotecnia.....	8
1.3.-Sistema de Iluminación.....	11
1.4.-Tecnología Eficiente de Luminotecnia.....	13
1.5.-Indices de Eficiencia Energética.....	15
Capítulo II: Guía Estudio de Eficiencia Energética en Hospital San Carlos.....	16
2.1.-Estado Actual.....	16
2.2.-Propuesta de Solución de Eficiencia Energética.....	20
Capítulo III Modelo Práctico de la Guía Técnica de Eficiencia Energética.....	29
3.1.-Conceptos Generales.....	29
3.2.-Laboratorio.....	29
3.3.- Medicina Hombre – Mujer.....	47
Capítulo IV Comparación de Eficiencia Energética.....	55
4.1.-Abreviaciones.....	55
4.2.-Tablas.....	55
4.3.-Análisis Técnico-Económico.....	62
4.4.-Análisis Ahorro Energético.....	75
Conclusiones.....	77
Bibliografía.....	78
Apéndice I.....	79
Apéndice II.....	83
Apéndice III.....	94

RESUMEN.

RESUMEN.

En el presente Seminario de Título se efectúa un estudio de eficiencia energética al Hospital San Carlos, el que actualmente lleva un tiempo prolongado sin un mantenimiento adecuado, ni ordenamiento o estudio de consumos.

En este análisis se describen los procedimientos utilizados para la mejora de los sistemas de iluminación existentes, mediante una propuesta basada en el uso de tecnología eficiente, que representa beneficios al personal y ahorros económicos que afectan directamente al Hospital San Carlos.

Los resultados obtenidos mediante el levantamiento son considerables, mostrando una regularización en cuanto a normativa y un incremento en niveles de iluminación y la reducción de la potencia consumida, entre otros factores importantes.

OBJETIVO GENERAL.

Realización de un estudio de eficiencia energética que ayude a tomar decisiones para el adecuado mantenimiento de uno de los sectores del HSC.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Realización del levantamiento de los consumos energéticos del sistema de iluminación del Hospital San Carlos.
- Realización de propuesta de reemplazo de luminarias que produzcan mejoras en los valores de eficiencia.
- Realización de una comparación entre los valores existentes de iluminación y los de la propuesta implementada.

INTRODUCCIÓN.

INTRODUCCIÓN

Estamos en tiempos donde se necesitan mejoras energéticas, desde generación hasta consumo. En base a estas ideologías, se considera como una alternativa para el aporte energético un estudio de eficiencia energética para el Hospital San Carlos. Implementando nuevas tecnologías y generando conciencia energética.

La iluminación es una necesidad humana elemental, ya que se depende de ella para realizar cada trabajo o actividad deseada.

La iluminación en los hospitales debe garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes, y contribuir a un ambiente en el que el paciente se sienta confortable, no dejando atrás la máxima eficiencia energética. Sin embargo, las deficiencias en gestión energética, la inexistencia de un control del alumbrado y la desinformación del personal sobre la conciencia, hacen que los gastos en iluminación aumenten considerablemente.

No olvidar que el ahorro de energía es también importante, por la necesidad de reducir costes en el aprovechamiento de los centros, ya que el aporte en la reducción de la carga energética hace a la conservación del medio ambiente. Los hospitales son espacios de uso público, de difícil control de los hábitos de los usuarios y prolongado funcionamiento, lo que hace que la utilización de tecnologías, sea más importante que en otro tipo de edificios.

La utilización de nuevas tecnologías, crea la oportunidad de un ahorro más eficiente, disminuyendo los costos de energía se cumple con los requerimientos visuales del paciente y de trabajo. Por tanto, es relevante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo, unidas al sistema de regulación y control adecuado a las necesidades del local a iluminar, para simular correctamente dicha implementación es conveniente utilizar un software, que para el presente seminario es DIALUX. Lo que permitirá obtener el confort necesario, sin alterar los niveles mínimos de iluminación, además de un plan de gestión que informe, instruya y motive al personal sobre el ahorro energético.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.

CAPÍTULO I
DESCRIPCIÓN GENERAL.

1.1.- Reseña del hospital.

En 1870, Nicolás del Pino donó una de sus propiedades para la construcción del Hospital, lugar donde se encuentra emplazado en la actualidad. Fue inaugurado el 15 de febrero de 1874, y era una edificación de 2 pisos de madera y partes de adobe que, si bien logró sobrevivir los terremotos de 1903 en Valparaíso y 1928 en Talca, quedó gravemente dañado por el terremoto de 1939 ocurrido en Chillán. Tras este sismo se construyó su actual fachada y para el año 1949 ya se contaba con 5.388 metros cuadrados construidos. Durante el 27 de febrero del 2010 el fuerte terremoto que sacudió al país originó daños en el hospital, destruyéndolos pisos superiores y dejando con graves daños el resto del hospital.

En diciembre del 2012 se inició la reconstrucción del recinto hospitalario, donde se realizó un trabajo de restauración de las dos torres, además de otras mejoras. Este trabajo se demoró aproximadamente un año en ser terminado y en marzo del 2014 se hizo la entrega. Actualmente el Hospital San Carlos está trabajando en distintas ampliaciones y mejoras.

Figura 1: Entrada HSC



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2: ubicación edificio antiguo.



Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.

1.2.- Luminotecnia.

1.2.1.- Luminotecnia.

Es la ciencia que estudia el comportamiento de la luz y las distintas formas de su producción, tal como su control y aplicación de esta misma.

A continuación se definen algunos conceptos más relevantes para realizar este estudio de eficiencia energética.

1.2.2.- Espectro visible.

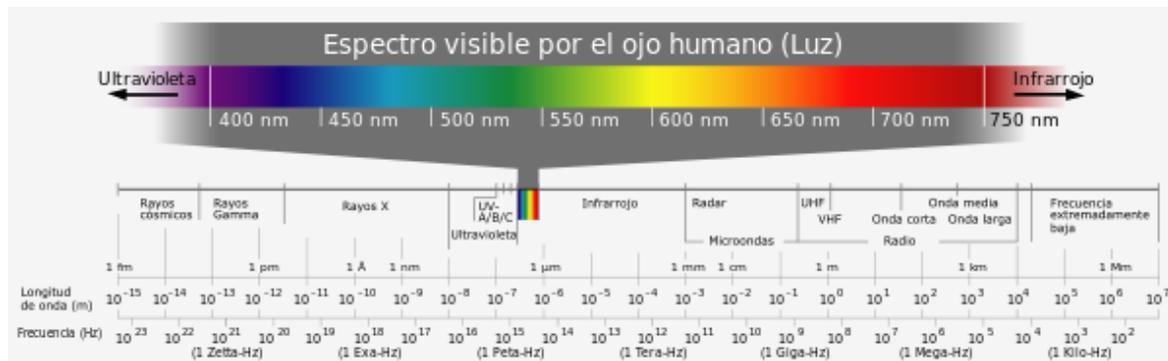


Figura 3: Espectro visible por el ojo humano (Luz).

Se denomina espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. A la radiación electromagnética en este rango de longitudes de onda se le llama luz visible o simplemente luz. No hay límites exactos en el espectro visible; un típico ojo humano responderá a longitudes de onda desde 400 a 700 nm aunque algunas personas pueden ser capaces de percibir longitudes de onda desde 380 a 780 nm.

1.2.3.- Flujo luminoso.

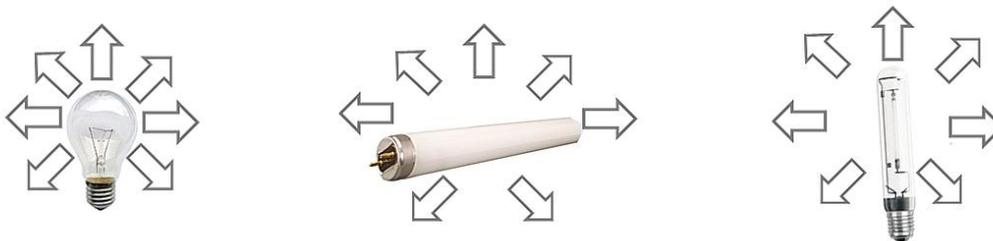


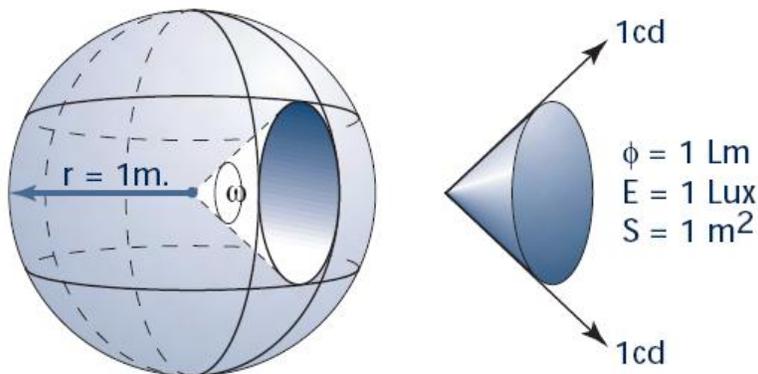
Figura 4: Flujo luminoso.

Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. El flujo luminoso expresa la cantidad total de luz emitida por segundo en todas las direcciones. La unidad de medida del Flujo Luminoso es el Lumen (Lm) y este valor lo podemos encontrar en los empaques de las lámparas.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.

1.2.4.- Intensidad luminosa.

Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta, llamado estereorradián (sr), que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera (ver figura 5).



$$\omega \text{ (total)} = 4\pi \text{ estereorradianes}$$

Figura 5: Casquete esférico.

La unidad de medida es la candela (cd), y su símbolo es I.

Se debe considerar que la intensidad luminosa carece de significado a menos que se especifique la dirección de la radiación luminosa. La intensidad luminosa según los diferentes ángulos es útil en la especificación de las características de lámparas y luminarias. Se representa gráficamente en forma de curvas polares de distribución de intensidades.

1.2.5.- Eficiencia luminosa.

La eficacia luminosa de una fuente de luz es el flujo que emite (lm) por cada unidad de potencia eléctrica consumida en su obtención (W). Esto indica la eficiencia con la que la energía eléctrica es transformada en luz.

No toda la potencia absorbida es transformada en luz visible, parte de ella se pierde en forma de calor, radiación no visible (infra rojos o ultravioleta), su símbolo es η y su unidad de medida es (lm/W).

La eficiencia luminosa se obtiene a partir de la expresión.

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \tag{1.1}$$

Donde:

- η : Eficiencia luminosa (lm/W).
- Φ : Flujo luminoso (lm).
- P : Potencia consumida (W).

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.

1.2.6.- Iluminancia.

Es una medida para la densidad del flujo luminoso. Se ha definido como la relación del flujo luminoso que cae sobre una superficie y el área de la misma. Esta magnitud indica cuanto se ilumina una superficie al incidir el flujo luminoso de una luminaria sobre ésta. Su símbolo es E y su unidad de medida es el Lux (lm/m^2).

La iluminancia se obtiene a partir de la expresión.

$$E = \frac{\phi}{S} \quad (1.2)$$

Donde:

ϕ : Flujo luminoso (lm).

S : superficie (m^2).

E : Iluminancia (lm/m^2).

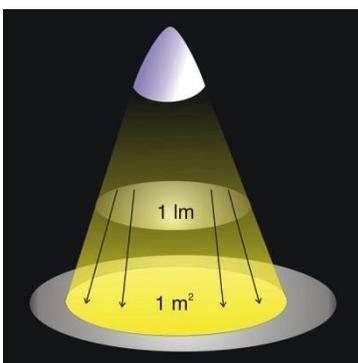


Figura 6: Iluminancia.

1.2.7.- Luminancia.

Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada.

La luminancia es un concepto que indica la impresión de brillo con que el ojo humano percibe una superficie iluminada desde una cierta dirección.

La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m^2) y el símbolo es L. La luminancia se obtiene a partir de la expresión.

$$L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}} = \frac{I}{S * \cos \alpha} \quad (1.3)$$

Donde:

I : Intensidad Luminosa (cd).

S : Superficie aparente (m^2).

L : Luminancia (cd/m^2).

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.

1.2.8.- Coeficiente de uniformidad.

Corresponde al porcentaje que representa la iluminación mínima con respecto a la iluminancia media en el interior de un área de trabajo. Se calcula como el cociente entre la iluminación mínima y la iluminación media según la expresión.

$$U = \frac{E_{min}}{E_{media}} \quad (1.4)$$

Donde:

E_{min} : Iluminancia mínima (lux).

E_{media} : Iluminación media (lux).

U : coeficiente de Uniformidad.

1.3.- Sistemas de iluminación.

El sistema de iluminación es un conjunto formado por un grupo de luminarias y la instalación eléctrica, cuyo objetivo es iluminar de modo artificial lugares en los cuales existe ausencia o escasez de luz natural.

Los sistemas de iluminación presentan buenas oportunidades de implementar soluciones de eficiencia energética. Debido a que estas son aplicadas localmente y normalmente no es necesario intervenir mayormente las instalaciones.

1.3.1.- Tipos de alumbrado.**1.3.1.1.- Alumbrado general.**

Esta disposición de alumbrado es utilizado principalmente en zonas con superficies mayores a 200 m², y donde los niveles de iluminación requeridos no son muy elevados. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local.

1.3.1.2.- Alumbrado localizado.

Está diseñado para incrementar la iluminación en algunas posiciones específicas, como de aquellas en las cuales se efectúa un trabajo.

1.3.1.3.- Alumbrado general y localizado.

El alumbrado general es complementado por un alumbrado local, que persigue incrementar los niveles de iluminación. En el caso de los hospitales es posible observar esta combinación en las zonas de cirugía hombres y cirugías mujer, en donde se lleva a cabo tareas de atención de pacientes.

1.3.2.- Conceptos básicos de luminaria.**1.3.2.1.- Lámpara.**

Es un equipo emisor de luz, como ejemplo, las ampollitas incandescentes y los tubos fluorescentes.

1.3.2.2.- Luminaria.

Son las estructuras que sostienen y conectan a la red eléctrica las lámparas. También son las encargadas de controlar y dirigir la luz emitida por las lámparas.

1.3.2.3.- Equipo.

Son los accesorios anexos a la lámpara, los cuales permiten que se lleve a cabo el encendido y la distribución de la iluminación.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.

1.3.2.4.- Balasto.

Dispositivo auxiliar necesario para el funcionamiento de ciertos tipos de lámparas como ejemplo, los tubos fluorescentes. Hay dos tipos de balastos.

1.3.2.5.- Balasto magnético.

Corresponde a una tecnología antigua, que suele requerir de accesorios adicionales para su correcto funcionamiento (como el ignitor) y generalmente degradan con relativa rapidez la cantidad de luz que emite la lámpara.

1.3.2.6.- Balasto electrónico.

Dispositivo más eficiente que el anterior e incorpora todos los elementos necesarios para su correcto funcionamiento, además de prolongar la vida útil de las lámparas en comparación a los balastos magnéticos.

1.3.2.7.- Rendimiento luminoso.

Representa la cantidad de luz que una lámpara es capaz de entregar por cada unidad de energía consumida, se mide en (lm/watt).

1.3.2.8.- Lux.

Es la medida de la iluminación o el nivel de iluminación en un sitio. Este valor es importante ya que existen niveles de referencia para cada tipo de actividad que se desarrolla.

1.3.3.- Conceptos básicos de óptica.

1.3.3.1.- Óptica.

Dispositivo que cambia la dirección de una haz de luz, normalmente por reflexión difusión o refracción de una lente. La óptica puede incorporar elementos para reducir el deslumbramiento.

1.3.3.2.- Reflector.

Es un elemento usualmente utilizado en las luminarias para focalizar y potenciar el flujo luminoso hacia la zona de utilización. En función de cómo se emita la radiación luminosa puede ser:

- ❖ Simétrico (con uno o dos ejes) o asimétrico.
- ❖ Concentrador (haz estrecho menor de 20°) o difusor (haz ancho ente 20° y 40°; haz muy ancho mayor de 40°).
- ❖ Frio (con reflector dicroico) o normal.
- ❖ Especular (con escasa dispersión luminosa) o no especular (con dispersión de flujo).

1.3.3.2.- Difusor.

Elemento encontrado en algunas luminarias, cuya función es evitar que los rayos de luz incidan directamente sobre los usuarios, evitando de esta forma el encandilamiento y entregando un haz luminoso menos concentrado y más uniforme en su campo de acción. Los difusores suelen estar compuestos por lamelas, que son pequeñas láminas instaladas delante de la lámpara.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.

1.3.4.- Zona de trabajo.

1.3.4.1.- Plano de trabajo.

Plano horizontal sobre el cual se calcula la iluminancia media. La norma NCH Elec. 4/2003 establece una distancia de 0,85 m sobre el nivel del suelo.

1.3.4.2.- Espacio de trabajo.

Espacio en el cual se realiza una actividad.

1.4.- Tecnología eficiente de luminarias.

A continuación se definirán las lámparas y equipos utilizados para el desarrollo de la guía de eficiencia.

1.4.1.- Óptica PMMA.

El PMMA es un polímero termoplástico altamente transparente que se obtiene de la polimerización del monómero metilmetacrilato. Debido a su transparencia, estética y resistencia a los rasguños, el PMMA se puede considerar como una alternativa ligera al cristal. A veces se llama cristal acrílico.

El PMMA se usa como alternativa al policarbonato (PC) si se necesita mayor transparencia, resistencia UV o a los rasguños.

1.4.2.- Curvas polares de intensidad luminosa.

El diagrama de intensidad luminosa es el resultado de registrar las unidades de candelas en diversos Ángulos alrededor de una luminaria y presentar los resultados en un gráfico en coordenadas polares. Las figuras 8 y 9 muestran la distribución de la luminosidad de una lámpara en sus dos planos verticales: la figura muestra un plano transversal ($c=0^\circ$ a 180°) y la imagen muestra el plano longitudinal ($c=90^\circ$ a 270°).

Para el caso de luminarias con una distribución asimétrica, la curva polar se representa con un solo trazo.

Figura 7: Plano transversal

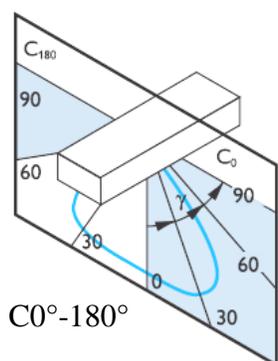
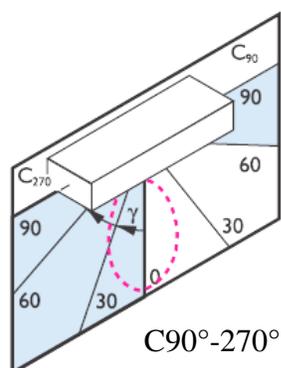


Figura 8: Plano longitudinal.



CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.

1.4.3.- Iluminación LED.

Un LED es básicamente un semiconductor unido a dos terminales (ánodo y cátodo), que cuando circula corriente eléctrica produce un efecto llamado electroluminiscencia, fenómeno que transforma la energía eléctrica en radiación visible.

Algunas ventajas que presenta este tipo de iluminación son:

- ❖ Eficacia luminosa cuya evolución los sitúa actualmente en 100 lm/W y la tendencia es seguir creciendo hasta posiblemente alcanzar los 200-300 lm/W en 10 años.
- ❖ Buena reproducción cromática.
- ❖ Larga vida útil que oscila entre 50.000 y 100.000 horas, lo que significa que su funcionamiento es altamente fiable.
- ❖ Resistencia a golpes y vibraciones dado que sus componentes son muy compactos, pudiendo trabajar en condiciones mecánicas adversas.
- ❖ Sin radiación perjudiciales ya que emiten prácticamente luz visible, evitando la radiación ultravioleta y sin apenas radiación infrarroja.



Figura 9: Luminaria led.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL.

1.5.- Índices de eficiencia energética.

El índice de eficiencia energética (IEE), es un factor que mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado, y al mismo tiempo, ayuda al responsable del proyecto a realizar un autocontrol del trabajo realizado, se expresa en watts instalados por metro cuadrado, para un nivel de iluminación determinado y referenciado a 100 lux.

$$IEE = W/m^2 * 100 \text{ lux} \quad (1.6)$$

1.5.1.- Índice eficiencia energética por superficie.

Es el cociente entre la potencia eléctrica instalada y la superficie de la instalación referida a una iluminancia de 100 lux en servicio.

$$IEE = \frac{P}{A} * \frac{100}{E} \quad (1.7)$$

Donde:

P: Potencia total instalada en el recinto (W).

A: Área del recinto.

E: Nivel de iluminación (lux).

En la tabla N°1 se aprecian valores recomendados de IEE para recintos asistenciales, la obtención de un IEE fuera de rango, se evaluara como ineficiente.

Tabla N°1: Parámetros de evaluación para IEE.

IEE	Evaluación.
2,5	Óptimo.
4	Medio.
5,5	Máximo.

Fuente: código técnico de la edificación (CTE), España.HE3:
Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

El valor IEE se debe calcular para cada tipología de recinto, al 100% de flujo si hubiera un sistema de regulación, y considerando en los consumos el conjunto lámpara-equipo.

1.5.2.- Índice eficiencia energética por paciente.

Es la potencia utilizada en el alumbrado focalizado referida a una iluminación de 100 lux en servicio.

$$\text{Unidad: } W/\text{paciente} - 100 \text{ lux} \quad (1.8)$$

Este índice muestra la potencia instalada para iluminar la camilla de un paciente, como lo indica la expresión.

$$IEE = P * \frac{100}{E} \quad (1.9)$$

Donde:

P: Potencia instalada por camilla (W).

E: Nivel de iluminación por camilla (lux).

El valor IEE dependerá de la potencia por paciente y el nivel de iluminación por camilla.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

CAPÍTULO II
GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

El objetivo de esta guía de eficiencia es establecer una serie de pautas y recomendaciones, para redactar especificaciones técnicas en los sistemas de iluminación, integrando nuevas tecnologías, que aporten un ahorro por concepto de iluminación, cumpliendo con los requisitos técnicos-económicos.

2.1.- Estado Actual.

Se recopila la información del lugar a estudiar en el aspecto de eficiencia energética, este procedimiento debe considerar los siguientes temas:

- ❖ Dimensiones físicas.
- ❖ Levantamiento de los centros de iluminación.
- ❖ Medición de los niveles de iluminación.
- ❖ Descripción del estado actual.
- ❖ Determinación de la problemática.
- ❖ Nivel de eficiencia del estado actual.

2.1.1.- Dimensiones físicas.

Para realizar el análisis luminotécnico es necesario obtener las dimensiones físicas de la zona en cuestión, ya que de esta depende la cantidad de luminarias a instalar en la sala. Se consideran las siguientes medidas a determinar del recinto, las cuales son:

- ❖ Largo.
- ❖ Ancho.
- ❖ Área.
- ❖ Altura.
- ❖ Altura de suspensión de las luminarias (h_{cc}).
- ❖ Altura del plano de trabajo ($h_{fc} = 0,85$ m).

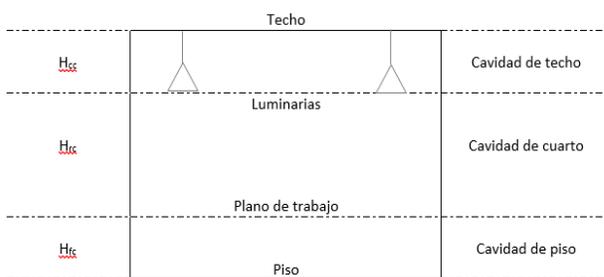


Figura N°10: Dimensiones de las alturas

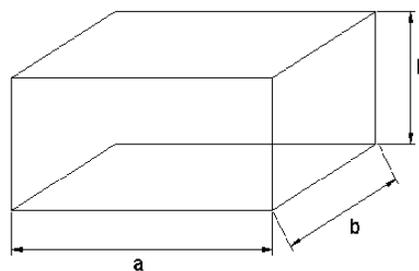


Figura N°11: Dimensiones físicas.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.1.2.- Levantamientos de los centros de iluminación.

En el levantamiento de los centros de iluminación, se obtienen los datos de las luminarias utilizadas en el lugar, en donde se realizan todas las mediciones.

- ❖ Cantidad de luminarias.
- ❖ Potencia nominal de la luminaria.
- ❖ Tipo de luminaria.
- ❖ Estado de la luminaria.

2.1.3.- Medición de los niveles de iluminación.

Las mediciones de los niveles de iluminación en los recintos permiten realizar una comparación del estado actual, evaluando si cumplen con los requerimientos mínimos que indica la norma NCH Elec. 4/2003, igualmente se recomienda utilizar extractos de la norma española UNE-EN 12464-1 “Iluminación en lugares de trabajo, parte 1: lugares de trabajo interior”, para así complementar de mejor manera el estudio realizado.

Por otra parte, se utilizan los valores mínimos establecido por la norma chilena, siendo necesario considerar las exigencias del personal, priorizando el confort del paciente.

Hay que hacer notar que en el establecimiento se cumplen los valores mínimos, pero no con las exigencias necesarias que presenta el personal a cargo, lo que conlleva a una mala percepción visual, que perjudica al correcto funcionamiento y bienestar del paciente.

En la tabla N°2 se muestran los valores mínimos de iluminación establecidos por la norma NCH Elec. 4/2003.

Tabla N°2: Iluminancias Mínimas

Tipo de Recinto.	Iluminancia [Lux]
Atención administrativa.	300
Cocinas.	300
Oficinas.	400
Pasillos.	100
Policlínicos.	300
Salas de cirugía menor.	500
Salas de cirugía mayor, quirófanos ¹	500
Salas de Espera.	150
Salas de Pacientes.	100

Fuente: Norma chilena NCH Elec. 4/2003.

¹Corresponde a la iluminación general del recinto, no considera el aporte de la lámpara quirúrgica.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.1.4.- Determinación de los puntos de mediciones.

En el plano horizontal, la iluminación media estará definida por el valor medio de la sumatoria de puntos. El número mínimo de puntos a considerar estará en función del índice del local (K) y la obtención de un reparto cuadrículado simétrico.

El cálculo del índice del local es función de:

$$K = \frac{L * A}{H * (L + A)} \quad (2.1)$$

Donde:

L=Longitud del local.

A=Ancho del local.

H=Distancia del plano de trabajo a las luminarias.

El número mínimo de puntos es:

Tabla N°3: Puntos mínimos de medición

Intervalos.	Puntos mínimos.
K<1	4
1≤K<2	9
2≤K<3	16
K≥3	25

Fuente Guía técnica de eficiencia energética en iluminación. Hospitales y centros de atención primaria.

IDEA: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

CEI: Comité Española de Iluminación.

2.1.5.- Instrumentos utilizados.

Un luxómetro es un instrumento de medición, permite medir simple y rápidamente la iluminancia de un recinto. Este instrumento será utilizado para obtener los niveles de iluminación de cada sector del Hospital San Carlos, ubicando este equipo a la distancia de 0,85 m como lo recomienda la norma NCH Elec. 4/2003.



Figura N° 12: Luxómetro.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.1.6.- Descripción de la situación actual.

En este punto se hace una descripción actual, donde se determinan las características más relevantes observadas en cada dependencia. Estas son:

- ❖ Actividad realizada.
- ❖ Colores de paredes, suelo y techo.
- ❖ Descripción del local, (ventanas, muebles, camillas.).
- ❖ Tipo de alumbrado.
- ❖ Estado de las luminarias.
- ❖ Periodo de utilización de las luminarias.

2.1.7.- Coeficiente de reflexión.

El medio hospitalario, de por sí, exige colores claros y cálidos, con el objeto de elevar el ánimo de los pacientes y de sus familiares, facilitar la labor del personal sanitario y la limpieza e higiene. En general puede aceptarse una amplia gama de colores y acabados, siempre y cuando no molesten las tareas visuales en los distintos espacios. El coeficiente de reflexión dependerá del tipo de material de techos, paredes y suelos, además de los colores que estos tengan.

2.1.8.- Factor de mantenimiento.

El factor de mantenimiento depende de las características de mantenimiento de la lámpara y del equipo eléctrico, la luminaria, el ambiente y el programa de mantenimiento.

La tabla N°4 presenta el factor de mantenimiento en base al nivel de contaminación de la sala.

Tabla N°4: Factor de mantenimiento

Ambiente.	FM
Limpio.	0,8
Sucio.	0,6

2.1.9.- Determinación de la problemática.

Se realiza una descripción, la cual señala factores que afectan el adecuado funcionamiento del personal, así como el confort del paciente, corroborando si está dentro de la norma NCH Elec. 4/2003. Algunas problemáticas más relevantes son estado de luminarias, potencia, niveles de iluminación.

2.1.10.- Nivel de eficiencia de la situación actual.

Con los datos obtenidos se determina el nivel de eficiencia energética de la situación actual, considerando los parámetros recopilados, de esta manera se realiza una comparación con la propuesta.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.2.- Propuesta de solución de eficiencia energética.

En este punto se presentan los fundamentos para determinar las soluciones propuestas, cumpliendo de forma equilibrada con los requerimientos normativos de la NCH Elec. 4/2003 y de las necesidades del personal en conjunto con los pacientes. La propuesta considera los siguientes estudios.

- ❖ Aplicación de tecnologías eficientes.
- ❖ Regulación y control de la iluminación.
- ❖ Comportamiento del usuario.
- ❖ Gestión energética.

2.2.1.- Aplicación de tecnologías eficientes.

La aplicación de tecnologías eficientes, contempla la evaluación de las luminarias que estén defectuosas, que presenten un mal funcionamiento o que tengan un bajo nivel de iluminación, considerando el reemplazo por equipos de mejor desempeño.

Se consideró el sector antiguo del Hospital San Carlos, ya que, este presenta una inadecuada mantención, además de estar exento de una remodelación, haciendo que esta área se encuentre con tecnologías obsoletas.

Las luminarias del sector considerado para el estudio de eficiencia, no presentan desperfectos, salvo algunos equipos que muestran algún deterioro por el uso prolongado, y otras muestran un parpadeo en algunas lámparas o simplemente no encienden.

Este sector muestra una mala distribución de los equipos, en algunas salas el análisis de iluminación muestra niveles muy altos de iluminancia, lo cual es innecesario para ciertos recintos dentro del Hospital, como por ejemplo algunas bodegas presentan valores lumínicos sobre los 700 lux, por contar con una cantidad excesiva de equipos luminosos.

A continuación se presentan los pasos a seguir para el modelo del estudio de eficiencia energética.

2.2.1.1.- Descripción de la propuesta.

Se elabora una propuesta de solución, la cual satisfaga las necesidades para cada sala, cumpliendo así con cada parámetro establecido. De esta forma la propuesta contempla los requerimientos del personal, así también con el confort del paciente, incluyendo los valores establecidos en la norma NCH Elec. 4/2003. Para esto se analiza cada departamento, proponiendo un sistema de alumbrado acorde a las necesidades de cada uno.

2.2.1.2.- Luminarias de mayor eficiencia.

Para mejorar los niveles de eficiencia energética en las instalaciones, es necesario aplicar nuevas tecnologías en cuanto a iluminación, de esta forma mejorar la calidad de trabajo y bienestar del paciente, las luminarias utilizadas en este modelo de eficiencia son:

- ❖ Iluminación LED.
- ❖ Balasto electrónico.
- ❖ Óptica PMMA.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.2.1.3.- Criterios de elección de luminarias.

Para suplir cada necesidad demandada, ya sea por el personal, el bienestar del paciente o el cumplimiento de la normativa, es importante determinar una luminaria adecuada, para así satisfacer cada requerimiento según su actividad o uso. Para esto se consideraran tres factores influyentes los cuales son:

2.2.1.3.1.-Elección de la lámpara.

Para la elección de una luminaria adecuada, que cumpla con los requerimientos visuales para cada sala, depende de ciertos criterios:

2.2.1.3.1.1.- Temperatura de color.

Se define como la sensación que percibe el ojo humano ante una luz, siendo cálida si predomina el color ámbar, o fría si predomina el color azul. Esta medición solo se aplica a la luz blanca y técnicamente se define como “la impresión de color a ciertas temperaturas de un radiador de cuerpo negro perfecto”.

Este concepto es más simple de lo que parece. Imagine un hierro incandescente al que se va aplicando cada vez más calor. Cuando su temperatura se sitúa a unos 1.000 K (grados kelvin) adquiere una tonalidad rojiza, si la temperatura sube hasta situarse entre los 2.000 y 3.000 K, su color se vuelve amarillento. A 4.000 K, su tono es blanco neutro, y entre 5.000 y 7.000 K blanco frío. Sin embargo cuando hablamos de luz, la “temperatura” es solo una medida relativa, no tiene que ver con el calor físico, sino con la sensación que produce en el ojo humano.

En la figura N°13 podemos ver que a menos grados kelvin el color que percibimos es cálido y a más grados la temperatura que percibimos es fría.

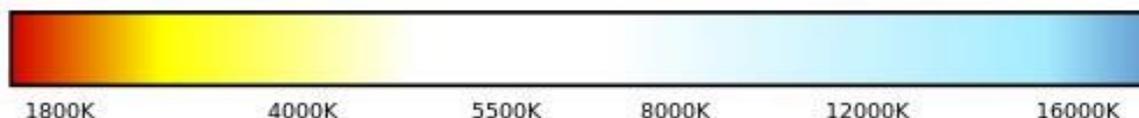


Figura N°13: Temperatura color.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

La norma DIN 5035 clasifica los tonos de luz de una lámpara en función de su temperatura color, como se observa en la tabla. Del cual se elegirá un rango de temperatura de color según la aplicación que se le puede dar a la lámpara de acuerdo al tono de luz que requiera la actividad realizada en el interior.

Tabla N°5: Clasificación de tono de luz de lámpara.

Tono de luz	Temperatura de color	Descripción	Aplicación
Cálida.	$T < 3.300 \text{ K}$	Se utiliza generalmente para entornos íntimos y agradables, en los que el interés está centrado en un ambiente confortable.	Entornos decorados con tonos claros. Áreas de descanso. Salas de espera. Zonas con usuarios de avanzada edad. Áreas de esparcimiento. Bajos niveles de iluminación.
Intermedia.	$3.300 \leq T \leq 5.000 \text{ K}$	Se utiliza en ambiente neutro y que invite a la actividad.	Lugares con importante aporte de luz natural. Oficinas. Pasillos. Tareas visuales de requisitos medios.
Fría.	$T > 5.000 \text{ K}$	El color de luz que más se parece a la natural del día, crea un ambiente de funcionalidad.	Entornos decorados con tonos fríos. Altos niveles de iluminación. Enfatizar la impresión técnica. Tareas visuales de alta concentración.

Fuente: Norma DIN 5035.

2.2.1.3.1.2.- Índice de reproducción cromática.

Es un sistema internacional que mide la capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores fielmente. La medición se realiza con la luz del día como referencia. Es decir, el ICR (color rendering index o CRI en inglés) de la luz del día es de 100, toda la gama de colores se reproducen perfectamente.

Esto significa que el color de un objeto iluminado por la luz del día es, por así decirlo, el color real. Por lo tanto, una fuente de luz tendrá mayor índice de reproducción cromática cuando más se acerque al color original, el color de un objeto iluminado por dicha fuente. Cuanto más cercano a 100 mayor fidelidad, cuanto más lejano más distorsión en la reproducción de colores.

Si para las actividades cotidianas es importante una buena reproducción de colores, en las áreas hospitalarias se incrementa significativamente, ya que pueden ayudar a:

- ❖ Realizar diagnósticos más correctos.
- ❖ Determinar el estado de las heridas o partes enfermas.
- ❖ Predisponer positivamente al enfermo.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

En la Tabla N° 6, se presenta una clasificación del índice de reproducción cromática. Del cual se obtiene el valor R_a de la lámpara, según los requerimientos de color que se observan en el interior, que dependen de la actividad realizada.

Tabla N°6: Índices de reproducción cromática de una lámpara.

R_a	Características.
90-100	Excelentes propiedades de rendimiento de color. Las aplicaciones principales son aquellas que exigen una diferenciación crítica de los colores.
80-90	Buenas propiedades de rendimiento de color. Aplicaciones en áreas en la que la evaluación crítica del color no es la consideración principal, aunque si sea esencial una buena presentación de los colores.
70-80	Propiedades de rendimiento en color de moderadas a buenas. Aplicación en áreas en las que la calidad de reproducción cromática no tenga demasiada importancia.
60-70	Propiedad de rendimiento en color regular. Aplicación en áreas de iluminación vial.
40-60	
20-40	Mala reproducción cromática.

Fuente: Norma DIN 5035.

2.2.1.3.1.3.- Eficiencia de la lámpara.

Este concepto tiene una relación de eficiencia entre los lúmenes entregados por la fuente (lámpara) y la potencia que consume la misma medida en watts (W). El grado de eficiencia se puede apreciar según los lúmenes/watts (lm/W) que el fabricante entrega para cada lámpara.

2.2.1.3.1.4.- Vida media de la lámpara.

Este concepto tiene relación con la vida útil de la lámpara, la cual entrega el fabricante en horas media de uso.

2.2.1.3.2.- Elección de la óptica.

Para elegir la óptica adecuada depende de distintos criterios:

2.2.1.3.2.1.- Valor UGR.

En general el deslumbramiento es un efecto no deseado en el diseño y práctica de la iluminación.

El deslumbramiento se puede producir de forma directa por lámparas, luminarias y ventanas, o por reflexión producida por superficies de alta reflectancia, que pueden estar en el campo de visión del observador. El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador está en función del tipo de actividad que se realiza en el local.

En la evaluación de este modelo se ha utilizado el software DIALUX, el cual genera una tabla con los valores UGR del interior de la sala.

El valor UGR de la instalación no debe exceder el valor UGR recomendado, el cual es entregado por el fabricante y depende de la óptica de la luminaria. Por lo tanto, si el mayor valor UGR entregado por el software es mayor al valor UGR recomendado, se crea la posibilidad de que las zonas de trabajo del interior se puedan producir deslumbramientos molestos.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.2.1.3.2.2.- Estructura de la óptica.

Para obtener una buena distribución del flujo luminoso, es fundamental que la estructura de la óptica sea adecuada, por esta razón se consideran los siguientes conceptos:

- ❖ Rendimiento luminoso.
- ❖ Control del deslumbramiento.
- ❖ Distribución del haz de luz.

2.2.1.3.2.2.1.- Rendimiento luminoso.

Es el porcentaje de luz que refleja la óptica. Mientras mayor sea este porcentaje mayor será el rendimiento luminoso.

2.2.1.3.2.2.2.- Control del deslumbramiento.

El control del deslumbramiento significa controlar la luminancia visible del foco en el intervalo de 45° a 90°, como se observa en la figura 14 .Esto se logra rodeando las lámparas con un material difusor o prismático.

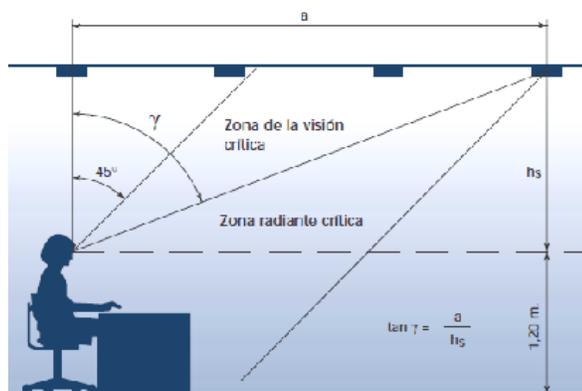


Figura N°14: Zonas críticas de visión.

Las ópticas utilizadas cumplen con este método de control de deslumbramiento, las cuales están diseñadas para reducir la luminancia vista por el observador.

2.2.1.3.2.2.3.- Distribución del haz de luz.

La distribución del haz de luz es entregada por el fabricante en forma de curva polar y depende de la óptica elegida.

2.2.1.3.3.- Características de la luminaria.

Se describe la luminaria con los datos más relevantes como la potencia, vida útil, temperatura color.

2.2.1.4.- Análisis de luminotecnica mediante software DIALUX.

Para el cálculo de iluminación se determina la cantidad de luminarias para cierto nivel de iluminación, esto depende de las características del local, ya sea por sus dimensiones, largo, ancho y altura, depende también del color de las paredes, ya que según el color, corresponde a cierto coeficiente de reflexión. El análisis realizado es mediante el método de las cavidades zonales a través del software DIALUX.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.2.1.5.- Nivel de eficiencia de la propuesta.

Los índices de eficiencia energética (IEE), se obtienen mediante los parámetros de potencia, nivel de iluminación y energía.

2.2.1.6.- Comparación de eficiencia.

Se realiza una comparación de eficiencia entre el estado actual y el propuesto, de manera que se puedan apreciar los cambios realizados, y así evidenciar que efectivamente lo propuesto cumple con el objetivo de mejorar eficientemente el sistema de iluminación.

Los parámetros más relevantes a comparar son, potencia, nivel de iluminación, IEE.

2.2.1.7.- Análisis técnico-económico.

Este análisis es importante, ya que permite evaluar si es rentable la implementación de la propuesta, obteniendo el periodo de recuperación, por lo cual se contempla la inversión inicial, el periodo de reposición de las lámparas y las ganancias obtenidas del ahorro de energía.

El periodo de recuperación se define según la siguiente expresión.

$$PR = \frac{II}{A - \frac{CL}{VU}} \quad (2.2)$$

Donde:

PR: Periodo de recuperación (años).

II: Inversión inicial (\$).

CL: Costo total luminarias (\$).

VU: Vida útil luminaria (años).

2.2.2.- Regulación y control del alumbrado.

El control de iluminación es la solución ideal para aprovechar al máximo la iluminación. Los sistemas de control de iluminación proporcionan un ahorro energético y máxima flexibilidad.

Con el control de iluminación se puede alcanzar un ahorro de hasta un 40%, dependiendo de las soluciones y actividad del departamento, reduciendo así los costes energéticos. Las soluciones pueden abarcar, desde elementos sencillos y muy locales, sin grandes inversiones económicas, hasta soluciones muy sofisticadas y personalizadas, que formen parte de los sistemas de control automático del sector analizado.

Actualmente en el mercado, existen numerosos equipos que sirven para regular y/o controlar la iluminación del edificio. Los más utilizados en el mercado son: detectores de movimiento o presencia, reguladores en función de la luz diurna, control horario y por fecha.

En la evaluación del presente modelo de eficiencia, se ha determinado proponer un sistema de regulación del alumbrado en los pasillos del HSC, ya que, es una buena zona para implementar este tipo de eficiencia energética, puesto que la iluminación está generalmente en funcionamiento sin haber necesidad, desaprovechando también la luz natural que ingresa por los ventanales de cada pasillo.

A continuación se presenta la recomendación para el diseño de una buena propuesta.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.2.2.1.- Recopilación de datos.

Se necesitan ciertos datos, los cuales permitan idear una propuesta de regulación y control de alumbrado, de manera que sea eficiente y adecuada al recinto. Estos datos son:

- ❖ Tiempo de uso de luminarias.
- ❖ Comando de los interruptores.

2.2.2.2.- Propuesta de control del alumbrado.

El principal objetivo de esta propuesta de regulación es que el paciente no se vea afectado de manera negativa, además de los requerimientos de iluminación que el personal necesite para realizar las actividades, por esta razón debemos considerar un control eficiente de los consumos.

De esta forma se presentan las opciones más viables para el correcto control de alumbrado.

2.2.2.2.1.- Control por interruptor manual.

Este tipo de interruptor puede ser un gran aporte al momento de ahorrar, ya que simplemente se puede apagar el alumbrado cuando no se necesite o durante la ausencia del personal.

Estos interruptores deben estar convenientemente etiquetados, identificando a que circuito o sistema pertenecen, para así evitar encendidos innecesarios por una mala etiquetación.

Es necesario realizar una buena distribución de los circuitos de iluminación, de manera que se puedan controlar los funcionamientos de los equipos que se encuentre más cerca de los lugares con mayor aporte de luz natural.

2.2.2.2.2.- Control por sensor de movimiento.

Los sensores de movimiento, utilizan tecnología óptica de infrarrojos para la detección del movimiento, de esta forma responden a la ausencia del personal apagando el alumbrado general. Este sistema es eficiente al momento de realizar tareas las cuales requiere un movimiento continuo en áreas de un departamento, permitiendo que el personal se desligue del apagado de las luminarias.

2.2.2.3.- Propuesta de regulación del alumbrado.

La propuesta considera la regulación del alumbrado en relación a la cantidad de personas que circulen por el interior. De esta forma se presentan tecnologías óptimas para la regulación del alumbrado.

2.2.2.3.1.- Reguladores en función de la luz diurna.

Son elementos que se integran en la luminaria, regulando el nivel de iluminación en función de la luz diurna existente en cada momento. Son ideales para ubicar en las luminarias cercanas a las ventanas.

2.2.2.3.2.- Sistemas de regulación dimeable.

El dimer es un potenciómetro que permite la regulación de los niveles lumínicos de forma manual, según los requerimientos que el personal estime conveniente. Esta forma de regulación es viable, ya que permite controlar el flujo luminoso de las lámparas.

2.2.2.4.- Nivel de eficiencia.

Una vez designado los tipos de control del alumbrado, se debe considerar la energía consumida en iluminación al implementar la propuesta y compararla con la energía actual consumida, con el fin de obtener el ahorro energético.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.2.2.5.- Análisis técnico-económico.

Para que la propuesta sea rentable, se debe evaluar el tiempo de recuperación, considerando la inversión inicial y las ganancias obtenidas con el ahorro anual de energía.

2.2.3.- Comportamiento del usuario.

Para que el análisis de eficiencia energética sea realmente eficiente, es fundamental el comportamiento del personal, ya que de ellos depende la utilización de cada sistema de iluminación, quedando en sus manos los encendidos y apagados de las luminarias. Al tener una buena conciencia en cuanto al uso de la iluminación, se puede apreciar un ahorro monetario significativo, destinando estos dineros para suplir cualquier tipo de necesidad que tenga en Hospital San Carlos.

Al realizar las inspecciones en el HSC, quedó al descubierto que en la mayoría de los pasillos y algunas dependencias, las luminarias se encontraban encendidas no habiendo personal en circulación durante las horas de día. Por esta razón se contempla como una problemática la inconciencia energética que existe.

Estamos en tiempos en los cuales existe mucha información sobre los ahorros energético, pero no se toma en consideración ninguna guía o ayuda referente al tema. De esta manera se observa que el personal solo realiza la labor asignada, de forma que se olvida de la conciencia que se debe tener al momento de utilizar la iluminación.

Se debe fomentar al personal para tener una conciencia apropiada sobre la eficiencia energética, logrando un ahorro energético y a la vez monetario, para ello se ofrecen incentivos al personal, según los ahorros obtenidos. Con respecto a esto, se consideran las siguientes actividades.

- ❖ Realizar auditorías al personal sobre el ahorro energético y los beneficios al HSC.
- ❖ Instruir al personal sobre cómo ahorrar energía, encendiendo de forma justificada la iluminación y apagando oportunamente según corresponda.
- ❖ Pegar afiches en los interruptores, de manera de acordar al personal de apagar la luz al salir de la sala, como el que se observa en la figura N° 15.

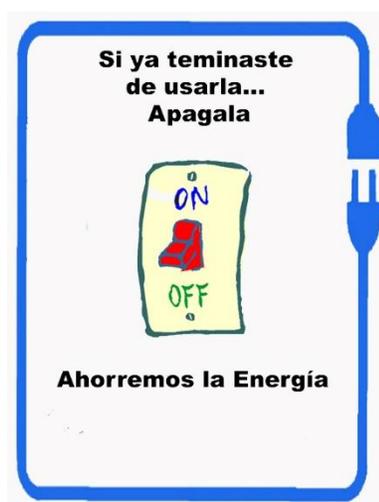


Figura N°15: Afiche sobre el ahorro de energía.

CAPÍTULO II: GUÍA ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITAL SAN CARLOS.

2.2.4.- Gestión energética.

Este tema de eficiencia se enfoca en crear un plan de gestión energética eficiente y sistemático, que asegure el óptimo y responsable uso de estos recursos y costos, de manera de obtener los mejores estándares de confort, servicio y productividad, con un buen liderazgo en conjunto con una administración apropiada, capaz de desarrollar una óptima gestión energética de la instalación, lo cual trae grandes beneficios en el ámbito económico y mantenimiento de los equipos.

Para cumplir con el objetivo principal (ahorro de energía), se plantea una estructura de gestión energética aplicada a los centros asistenciales.

2.2.4.1.- Autogestión

Se realiza en el centro hospitalario una evaluación del estado actual de los niveles de eficiencia energética que este tiene, para desarrollar una metodología que logre obtener una eficiencia energética ideal. Para ello, se obtiene la información necesaria mediante el levantamiento de los sistemas de iluminación.

2.2.4.2.- Autodiagnóstico.

Se determinan los índices de consumos básicos, con los cuales se podrán corroborar los avances de la gestión energética aplicada al centro asistencial.

Considerando lo anterior, se desarrolla una metodología de obtención de los índices de eficiencia energética (IEE), considerando los consumos básicos del establecimiento. De esta manera se monitorean los consumos de energía, en base a los IEE obtenidos.

2.2.4.3.- Buenas prácticas.

Se establecen soluciones adecuadas para el correcto funcionamiento de los usos de la energía, creando una serie de medidas para así cuantificar los avances.

Algunas formas de crear conciencia:

- ❖ Realizar auditorías sobre ahorro de energía, destacando los beneficios que aporta al personal y al Hospital en sí.
- ❖ Informar al personal mediante afiches, altoparlantes o correos institucionales.
- ❖ Para implementar la solución anterior, se debe contar con un especialista en gestión energética. El cual debe considerar los siguientes temas:

Plan de mantenimiento de lámparas y luminarias.

Supervisar el funcionamiento de los elementos de control instalados.

Supervisar los recintos del hospital y verificar que las luminarias sean encendidas por motivos justificados.

Evaluar periódicamente el consumo de energía, mediante IEE.

Informar a dirección sobre avances y dificultades.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

CAPÍTULO III

MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

3.1.- Conceptos Generales.

En el presente capítulo se analiza en detalle el estado de los centros de iluminación, según el modelo de la guía de eficiencia energética, de esta forma se obtiene la información necesaria para realizar una propuesta eficiente. Por lo tanto se han determinado 2 departamentos del sector antiguo del Hospital San Carlos, cada uno representa distintos recintos establecidos en la norma eléctrica NCH Elec.4/2003, los cuales son:

- ❖ Laboratorio.
- ❖ Medicina hombres-mujeres.

3.2.- Laboratorio.

El laboratorio es un departamento del Hospital San Carlos, ubicado en el sector antiguo de este. En esta área se realizan todos los exámenes, pruebas, tomas de muestras, etc. El sector alberga 21 salas, tales como, oficina administrativa, recepción exámenes, laboratorio urgencias, hematología, estar personal, baños.

A continuación se presenta el modelo propuesto de la guía de eficiencia energética para el laboratorio.

3.2.1.- Estado actual.

3.2.1.1.- Dimensiones físicas.

Este departamento consta con 21 salas, de esta forma el análisis se realizan por separado. Sus dimensiones son:

Tabla N°7: Dimensiones físicas.

DEPARTAMENTO	MEDIDAS (M)	ÁREA (m ²)	DEPARTAMENTO	MEDIDAS (M)	ÁREA (m ²)
Oficina administrativa	2.66 x 3.59	9.54	Oficina	2.1 x 1.99	4.18
Secretaria	1.99 x 1.55	3.09	Pasillo general	1.99 x 18	34.24
Laboratorio urgencia	3.9 x 3.81	14.85	Recepción exámenes	2.94 x 3.9	11.47
Hematología	3.9 x 4.88	19.03	Bioquímica	3.94 x 7	27.58
Orinas	2.44 x 4.41	10.76	Bacteriología	4.03 x 3.22	12.98
Preparación de medios	2.84 x 3.22	9.15	TBC	3.15 x 2.84	8.95
Parasitología	2.22 x 2.64	5.86	B-TBC-P-CC	3.17 x 4.05	12.83
Área sucia	3.9 x 3.4	13.26	Área limpia	2.75 x 3.9	10.73
Bodega	2.65 x 1.57	4.16	Estar personal	2.964 x 2.12	5.6
UDRL	2.47 x 2.46	6.07	Baños	1.17 x 2.23	2.61

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.2.1.2.- Levantamiento de los centro de iluminación.

Esta área contiene alumbrado general, en su mayoría equipos fluorescentes TL8 de 2x36W, con ballast electrónico cada equipo, y luminaria tipo 2xPL-C. Con la finalidad de iluminar cada sala del laboratorio.

El alumbrado general del sector consta de 37 luminarias fluorescentes TL8 de 2x36W, y 10 luminarias eficientes 2xPL-C.

Tabla N°8: Mediciones de los niveles de iluminación.

DEPARTAMENTO	ILUMINACIÓN PROMEDIO (lux)	DEPARTAMENTO	ILUMINACIÓN PROMEDIO (lux)
Oficina administrativa	432	Oficina	388
Secretaria	409	Pasillo general	154
Laboratorio urgencia	340	Recepción exámenes	723
Hematología	511	Bioquímica	305
Orinas	408	Bacteriología	382
Preparación de medios	259	TBC	456
Parasitología	618	B-TBC-P-CC	379
Área sucia	367	Área limpia	417
Bodega	700	Estar personal	76
UDRL	330	Baños	58

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.3.- Descripción del estado actual.

El área de laboratorio se divide en 20 partes, habiendo ventanales grandes en cada dependencia, con el fin de utilizar la mayor cantidad de luz natural posible.

Cada sala contiene material médico tales como equipos de análisis, autoclaves, hemocultivos, etc.

3.2.1.4.- Periodos de utilización de luminarias.

Es importante determinar el tiempo de utilización de las luminarias previo a realizar el análisis económico. Este dato será determinante al momento de calcular la energía consumida en la sala.

Los tiempos dados han sido estimados mediante un análisis en terreno, registrándose los tiempos de utilización tanto en el día como en la noche, con un periodo determinado de supervisión. De esta manera ha sido estimado un promedio, el cual será utilizado para el análisis de energía consumida.

En los análisis de los tiempos de uso se han considerado las siguientes referencias, las cuales serán aplicadas a todos los ejemplos prácticos mostrados más adelante.

- ❖ Un mes de 30 días
- ❖ Se considera el verano con 5 meses y el invierno con 7 meses.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.2.1.4.1.- Alumbrado general.

Las tablas a continuación muestran el periodo de utilización del alumbrado general de cada subdivisión del departamento.

Las horas de utilización abarcan los rangos de tiempos más relevantes en el día, en hrs, (7-12, 12-18, 18-00, 00-7), obteniendo así los tiempos de uso de las luminarias en cada rango para luego obtener las hrs/día y las hrs/periodo. Esta última corresponde a las hrs/días en verano e invierno, de tal manera de obtener las hrs/año del alumbrado. Además en la columna “tiempo de utilización”, se da a conocer el tiempo en años que lleva el equipo sin un recambio completo.

Periodo de utilización.

❖ Oficina Administrativa.

Tabla N°10: Tiempo de utilización alumbrado general.

Rango	Horas de utilización				hrs/día	hrs/periodo	Tiempo de utilización (años)
	7-12hrs	12-18hrs	18-00hrs	00-7hrs			
Verano	2	2	3	3	10	1.500	4
Invierno	3	2	4	3	12	2.520	
					Hrs/año	4.020	

Fuente: Elaboración Propia

❖ Pasillo general.

Tabla N°13: Tiempo de utilización alumbrado general.

Rango	Horas de utilización				hrs/día	hrs/periodo	Tiempo de utilización (años)
	7-12hrs	12-18hrs	18-00hrs	00-7hrs			
Verano	5	6	6	7	24	3.600	3
Invierno	5	6	6	7	24	5.040	
					Hrs/año	8.640	

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Bacteriología.

Tabla N°19: Tiempo de utilización alumbrado general.

Rango	Horas de utilización				hrs/día	hrs/periodo	Tiempo de utilización (años)
	7-12hrs	12-18hrs	18-00hrs	00-7hrs			
Verano	3	2	2	4	11	1.650	3
Invierno	3	3	2	4	12	2.520	
					Hrs/año	4.170	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Hematología.

Tabla N°22: Tiempo de utilización alumbrado general.

Rango	Horas de utilización				hrs/día	hrs/período	Tiempo de utilización (años)
	7-12hrs	12-18hrs	18-00hrs	00-7hrs			
Verano	2	3	5	6	16	2.400	3
Invierno	2	3	6	6	17	3.570	
						Hrs/año	5.970

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Baño.

Tabla N°26: Tiempo de utilización alumbrado general.

Rango	Horas de utilización				hrs/día	hrs/período	Tiempo de utilización (años)
	7-12hrs	12-18hrs	18-00hrs	00-7hrs			
Verano	2	2	4	4	12	1.800	4
Invierno	3	3	5	4	15	2.150	
						Hrs/año	4.950

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.1.5.- Determinación de la problemática.

En el laboratorio existe una mala distribución del alumbrado general, ya que en algunos recintos de este departamento no se cumple con la norma UNE 12464-1, la cual recomienda valores óptimos de iluminación. Esta normativa determina específicamente valores necesarios para cada tipo de recinto dependiendo de su actividad. En la mayoría de los sectores, existe una sobre iluminación debido a la gran cantidad de equipos instalados innecesariamente, por ejemplo en la bodega existen dos equipos fluorescentes con una iluminación promedio de 700 lux, siendo esto excesivo al compararlo con la norma ya mencionada, siendo complementado el estudio con la norma chilena NCH Elec. 4/2003. Las cuales determinarán los parámetros y recomendaciones para cada recinto del establecimiento.

Otra problemática que existe, es la intervención constante de los técnicos de mantención hacia el alumbrado, ya sea por el deterioro de los equipos fluorescentes o el mal estado de los tubos, entorpeciendo el trabajo del laboratorio al momento de entregar resultados o realizar pruebas. Por esto se visualiza como problema el mal estado de las luminarias, el mantenimiento constante y la iluminancia fuera de norma.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.2.1.6.- Nivel de eficiencia del estado actual.

❖ Oficina administrativa.

El alumbrado general consta de 2 luminarias fluorescente de la serie TL-8 2x36w, con una potencia total de 172.8 W, considerando un 20% por concepto de kit de partida.

Tabla N°27: Resumen de datos Oficina administrativa -actual.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ² – 100lux)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
9.54	432	172.8	4.19	4020	694.656

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Pasillo general.

El alumbrado general consta de 2 luminarias fluorescente de la serie TL-8 2x36w, considerando un 20% por concepto de kit de partida. Además de 3 luminarias 2xPL-C, con una potencia total de 276.6 W.

Tabla N°30: Resumen de datos Pasillo general -actual.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ²)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
34.24	154	276.6	4.86	8640	2389.824

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Hematología .

El alumbrado general consta de 4 luminarias fluorescente de la serie TL-8 2x36w, con una potencia total de 345.6 W, considerando un 20% por concepto de kit de partida.

Tabla N°33: Resumen de datos Hematología -actual.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ²)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
19.03	511	345.6	3.56	5970	2.063,232

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Bacteriología.

El alumbrado general consta de 2 luminarias fluorescente de la serie TL-8 2x36w, con una potencia total de 172.8 W, considerando un 20% por concepto de kit de partida.

Tabla N°41: Resumen de datos Bacteriología -actual.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ²)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
12.97	382	172.8	3.48	4170	720.576

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Baño.

El alumbrado general consta de 1 luminarias 2xPL-C, con una potencia total de 34.6 W.

Tabla N°46: Resumen de datos Bodega -actual.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ²)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
2.6	58	34.6	23.05	4950	171.27

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°47 se presenta el consumo total de los casos prácticos escogidos para ser analizados.

Tabla N°47: Consumo de energía total propuesto.

Área.	Potencia (W).	Tiempo de uso (hrs/año).	Energía (kW-h).
Oficina administrativa.	172,8	4.020	694,656
Pasillo general.	276,6	8.640	2.389,824
Hematología.	345,6	5.970	2.063,232
Bacteriología.	172,8	4.170	720,576
Baños.	34,6	4.950	171,27
		Energía Total	6.039,558

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2.- Propuesta de solución de eficiencia energética.

3.2.2.1.- Descripción de la propuesta.

El laboratorio es un área donde se recibe todo tipo de exámenes, muestras, se realizan ensayos, pruebas, ya sea por conducto regular o de urgencia. Por esta razón los niveles de iluminación deben ser los óptimos y adecuados, para el buen trabajo del departamento, cumpliendo así con los niveles mínimos recomendados por la norma NCH Elec. 4/2003. Además del correcto funcionamiento de los equipos de iluminación, reduciendo así el mantenimiento, evitando entorpecer la actividad del laboratorio.

3.2.2.2.- Luminarias de mayor eficiencia.

En la presente propuesta se utilizarán luminarias LED, por su mejor rendimiento, mayor vida útil, una buena reproducción cromática.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.2.2.3.- Criterios de elección de luminarias.

Al ser un área donde se realizan tareas visuales de requisitos medios, se requiere una temperatura de color intermedio, con una alta reproducción cromática en la iluminación general y un máximo aprovechamiento de luz natural. De esta forma la luminaria deberá cumplir con los siguientes criterios:

- ❖ Tono de luz: Intermedia
- ❖ Temperatura color: $3.300 \leq T \leq 5.000$ K
- ❖ Rendimiento color: $Ra \geq 80$.
- ❖ Elegir la de mayor vida útil.
- ❖ Elegir la de mayor eficiencia.

3.1.2.3.1.- Características de la luminaria.

Alumbrado general.

- ❖ TRILUX Solvan D1-L OA-PC (28W).
- ❖ TRILUX PolaronIQ WD1 LED1000-830 ET.
- ❖ TRILUX Lunexo D2 CDP-I 5500 840 03 ETDD.
- ❖ TRILUX 3332 G2 D3 TS ED.
- ❖ TRILUX 7402 II-BS LED1600-830 ET.



Figura N°16: Solvan D1



Figura N°17: PolaronIQ WD1



Figura N°17: Lunexo D2



Figura N°18: TRILUX 7402



Figura N°19: 3332 G2 D3 TS

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Oficina administrativa.

Como se observa en la figura N°21, se ha logrado una buena distribución del alumbrado general, cumpliendo así con los niveles mínimos requeridos para esta oficina, además se ha logrado reducir el consumo de las luminarias.

Los valores más altos de luminancia fluctúan entre 500-800 lux.

Figura N°21: Oficina Administrativa.



Fuente: DIALUX

Tabla de iluminancia.

En la tabla se muestra un resumen con los distintos valores o índices de iluminancia, los cuales permiten conocer los niveles de iluminación. En ella se puede observar que la iluminación media es de 570 lux, cumpliendo de esta manera con lo establecido en la norma NCH Elec. 4/2003. Además de un nivel de uniformidad de 0.84, lo cual corrobora que los niveles de iluminación en la oficina están distribuidos como alumbrado general según los requerimientos visuales.

Tabla N°48: Valores representativos de las iluminancias, oficina administrativa.

Iluminancias.	Nivel de iluminación. (lux)
Iluminancia Media (E_M)	507
Iluminancia Mínima (E_M)	480
Iluminancia Máxima (E_M)	793
Uniformidad	0.84

Fuente: Informe DIALUX

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Pasillo general.

Como se puede observar en la figura N°22, el pasillo no muestra ningún aporte de luz natural, lo que implica que la luminaria debe estar en continuo funcionamiento para la circulación expedita de cada funcionario, de esta manera la luminaria debe ser la óptima en cuando a consumo y vida útil.

Figura N°22: Pasillo General.



Fuente: DIALUX

Tabla de iluminancia.

En la tabla se muestran los valores obtenidos mediante el software DIALUX, los cuales arrojaron datos que están dentro de lo establecido por la norma NCH Elec. 4/2003.

Tabla N°49: Tabla. Valores representativos de las iluminarias, pasillo general

Iluminancias	Nivel de iluminación (lux)
Iluminancia Media (E_M)	118
Iluminancia Mínima (E_M)	92
Iluminancia Máxima (E_M)	151
Uniformidad	0.77

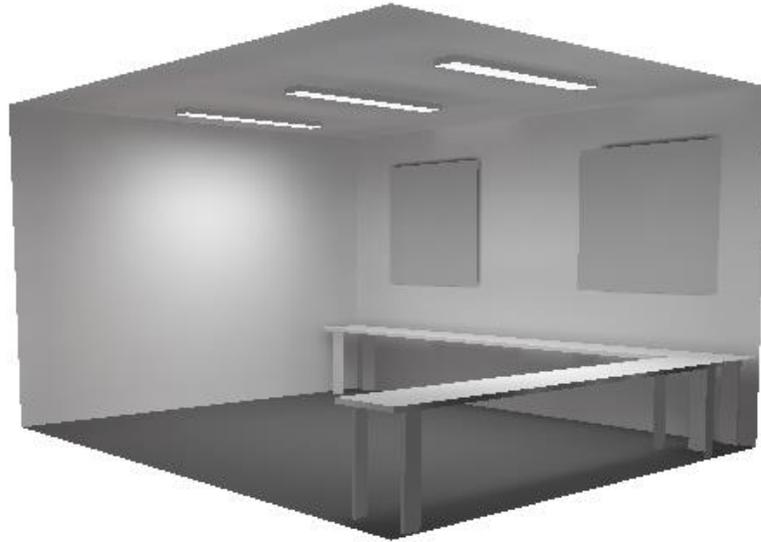
Fuente: Informe DIALUX.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Hematología.

Esta área del laboratorio, concierne a una dependencia de especialidad, donde se realizan trabajos más delicados y minuciosos, los cuales requieren un nivel más alto de iluminación. Además cuenta con una buena iluminación natural, lo que hace que la luz artificial se utilice por tiempo más cortos y solo cuando no existe aporte de la iluminación exterior.

Figura N°23: Hematología.



Fuente: DIALUX

Tabla de iluminancia.

En la tabla N°50, podemos apreciar que los valores obtenidos para esta propuesta son óptimos, ya que tenemos una iluminancia media por sobre lo establecido por la norma NCH Elec. 4/2003. Lo que hace que exista una adecuada iluminación, facilitando el correcto operar de los funcionarios.

Tabla N°50: Valores representativos de las iluminarias de Hematología.

Iluminancias	Nivel de iluminación (lux)
Iluminancia Media (E_M)	551
Iluminancia Mínima (E_M)	390
Iluminancia Máxima (E_M)	872
Uniformidad	0.71

Fuente: Informe DIALUX.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Bacteriología.

Como podemos ver en la figura N°24, es un área similar a la analizada anteriormente, con la diferencia de que no presenta aporte de luz natural, en consecuencia tenemos que cuando esta área está en operación requerirá el constante uso de la iluminación, por lo tanto los niveles están dentro de los valores requeridos por la norma NCH Elec. 4/2003. Cabe destacar que no se puede tener una iluminación excesiva, ya que al instalar más de una luminaria hace que existan valores más altos en iluminación, provocando que el trabajo realizado en esta dependencia se vea afectada por una mala iluminación.

Figura N°24: Bacteriología.



Fuente: DIALUX.

Tabla de iluminancia.

En la siguiente tabla podemos apreciar valores de iluminación óptimos para el pleno funcionamiento.

Tabla N51: Valores representativos de las iluminarias Bacteriología.

Iluminancias	Nivel de iluminación (lux)
Iluminancia Media (E_M)	436
Iluminancia Mínima (E_M)	320
Iluminancia Máxima (E_M)	605
Uniformidad	0.73

Fuente: Informe DIALUX.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Baños.

El laboratorio consta de 3 baños, uno ubicado en la zona administrativa, y los otros dos posicionados en los estar del personal. La figura N°25, muestra el peor caso en este departamento, el cual no presenta aporte de luz natural, haciendo que la iluminación artificial sea mayor.

Figura N°25: Baños



Fuente: DIALUX.

Tabla de iluminancia.

En la tabla N°52, podemos apreciar que los valores obtenidos en el análisis, son los esperados, ya que cumplen con la norma NCH Elec. 4/2003.

Tabla N°52: Valores representativos de las iluminarias, baños.

Iluminancias	Nivel de iluminación (lux)
Iluminancia Media (E_M)	135
Iluminancia Mínima (E_M)	101
Iluminancia Máxima (E_M)	163
Uniformidad	0.74

Fuente: Informe DIALUX.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.2.2.5.- Nivel de eficiencia de la propuesta.

Para este análisis contemplaremos cada dependencia del laboratorio, de esta forma poder apreciar en detalle cada área propuesta.

❖ Oficina administrativa.

El alumbrado general consta de 2 luminarias LED de la serie TRILUX lunexo D2, con una potencia total de 116 W.

Tabla N°53: Resumen de datos Oficina administrativa -propuesta.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ² – 100lux)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
9.54	570	116	2.13	4020	466.32

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Pasillo general.

El alumbrado general consta de 6 luminarias alta eficiencia de la serie TRILUX Solvan D1, con una potencia total de 180 W.

Tabla N°56: Resumen de datos Pasillo general - propuesta.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ²)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
34.24	118	180	4.53	8640	1555.2

Fuente:Elaboración Propia.

❖ Hematología .

El alumbrado general consta de 3 luminarias LED de la serie TRILUX lunexo D2, con una potencia total de 174 W.

Tabla N°59: Resumen de datos Hematología - propuesta.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ²)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
19.03	551	174	1.65	5970	1038.78

Fuente:Elaboración Propia.

❖ Bacteriología.

El alumbrado general consta de 2 luminarias LED de la serie TRILUX lunexo D2, con una potencia total de 116 W.

Tabla N°67: Resumen de datos Bacteriología - propuesta.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ²)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
12.97	512	116	1.8	4170	483.72

Fuente:Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Baño.

El alumbrado general consta de 1 luminarias LED de la serie TRILUX 7402, con una potencia total de 15W.

Tabla N°72: Resumen de datos Bodega - propuesta.

Área (m ²)	E_M (lux)	P_{TOTAL} (W)	IEE (W/m ²)	Tiempos de uso (hrs/año)	Energía anual (Kw – hrs)
2.6	135	15	4026	4950	74.25

Fuente:Elaboración Propia.

En la tabla N°73, se presenta el consumo total de los casos prácticos escogidos para ser analizados.

Tabla73: Consumo de energía total propuesto.

Área.	Potencia (W).	Tiempo de uso (hrs/año).	Energía (kW-h).
Oficina administrativa.	116	4.020	466,32
Pasillo general.	180	8.640	1.555,2
Hematología.	174	5.970	1.038,78
Bacteriología.	116	4.170	483,72
Baños.	15	4.950	74,25
		Energía Total	3.618,27

Fuente:Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.2.2.6.-Comparación de eficiencia energética.

Se compararan las áreas escogidas para ser analizadas.

Tabla N°74: Resumen de datos entre situación actual y propuesta, Oficina administrativa.

Oficina Administrativa.	Parámetros.	Actual.	Propuesta.	Comparación.
	E_T (lux)	432	570	Los valores están de acuerdo a la norma.
	P_{TOTAL} (W)	172,8	116	Se disminuyó la potencia instalada.
	IEE (W/m ²)	4,19	2,71	Se ha optimizado el sistema de alumbrado (se obtuvo una mejor iluminación con una menor potencia).
	<i>Energía anual</i> (Kw – hrs)	694.656	316,68	El consumo de energía se ha reducido en un 21,8%.

Fuente:Elaboración Propia.

Tabla N°75: Resumen de datos entre situación actual y propuesta, Pasillo general.

Pasillo General.	Parámetros.	Actual.	Propuesta.	Comparación.
	E_T (lux)	154	118	El valor se ha reducido cumpliendo con la norma.
	P_{TOTAL} (W)	256.6	180	La potencia ha sido minimizada.
	IEE (W/m ²)	4,86	4,53	Se ha optimizado el sistema de alumbrado (se obtuvo una mejor iluminación con una menor potencia).
	<i>Energía anual</i> (Kw – hrs)	2.389,824	1.555,2	El consumo de energía se ha reducido en un 34,9%.

Fuente:Elaboración Propia.

Tabla N°76: Resumen de datos entre situación actual y propuesta, Hematología.

Hematología.	Parámetros.	Actual.	Propuesta.	Comparación.
	E_T (lux)	511	551	Valor esperado según la norma.
	P_{TOTAL} (W)	345,6	174	Potencia reducida.
	IEE (W/m ²)	3.56	1,65	Se ha optimizado el sistema de alumbrado (se obtuvo una mejor iluminación con una menor potencia).
	<i>Energía anual</i> (Kw – hrs)	2.063,232	1.038,78	Consumo de energía reducido en un 49,62%.

Fuente:Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Tabla N°77: Resumen de datos entre situación actual y propuesta, Bacteriología.

Bacteriología.	Parámetros.	Actual.	Propuesta.	Comparación.
	E_T (lux)	382	512	Valor lumínico normalizado.
	P_{TOTAL} (W)	172,8	116	Potencia disminuida.
	IEE (W/m ²)	3,48	1,8	Se ha optimizado el sistema de alumbrado (se obtuvo una mejor iluminación con una menor potencia).
	<i>Energía anual</i> (Kw – hrs)	720,576	483,72	Consumo energía anual reducido en un 32,8%.

Fuente:Elaboración Propia.

Tabla N°78: Resumen de datos entre situación actual y propuesta, Baño.

Baño.	Parámetros	Actual	Propuesta	Comparación
	E_T (lux)	58	135	Nivel de iluminación dentro de norma.
	P_{TOTAL} (W)	34,6	15	Potencia reducida.
	IEE (W/m ²)	23,05	4,27	Se ha optimizado el sistema de alumbrado (se obtuvo una mejor iluminación con una menor potencia).
	<i>Energía anual</i> (Kw – hrs)	171,27	74,25	Consumo de energía anual reducido en un 56.64%

Fuente:Elaboración Propia.

3.2.2.7.- Análisis técnico-económico.

En la tabla se presenta un resumen de los datos de energía, para obtener el ahorro en Kw-h con la propuesta, considerando un precio referencial de \$ 150 por Kw.

$$\text{Ahorro (Kw-h/año)} = E \text{ actual (Kw-h/año)} - E \text{ propuesta (Kw-h/año)}. \quad (3.1)$$

$$\text{Ahorro (\$/año)} = \text{Ahorro (Kw-h/año)} - 150 (\$/KW-h) \quad (3.2)$$

Tabla N°79: Ahorro de energía.

E actual (Kw-h/año).	E propuesta (Kw-h/año)	Ahorro (Kw-h/año)	Ahorro (\\$/año)
6.039,558	3.618,27	2.421,288	363.193,2

Fuente:Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Costo luminarias.

La tabla N°80, presenta los precios referenciales por luminaria, para luego obtener el costo total de estas.

Tabla N°80: Costo luminarias.

Cantidad	Descripción	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
6	Solvan D1-L OA-PC (28W)	33.900	203.400
1	7402 II-BS LED1600-830 ET	9.990	9.990
7	Lunexo LED D2 CDP-I 5500 840 03 ETDD	41.314	289.198
Costo luminarias (\$)			502.588

Fuente:Elaboración Propia.

❖ Costo mano de obra

El costo de instalación será de \$12.000 por cada uno de los centros de alumbrado a instalar.

Cantidad de centros de iluminación: 14.

Costo de mano de obra. \$168.000

❖ Tiempo de recuperación

Inversión inicial (\$): 502.588 + 168.000=670.588

Ahorro de energía anual (\$): 363.194

$$PR = \frac{670.588}{363.194} = 1,8 \quad (3.3)$$

El periodo de recuperación de la propuesta es de 1,8 años.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.3.- Medicina hombres-mujeres.

El sector de medicina hombres-mujeres, es un área donde se realizan procedimientos intensivos a pacientes de estado crítico.

A continuación se presenta el modelo propuesto de la guía de eficiencia energética para la sala medicina del departamento medicina hombres-mujeres.

3.3.1.-Estado actual.

3.3.1.1.- Dimensiones físicas

Las dimensiones de la sala medicina son: largo 6,95 (m), ancho 6,45 (m), con un área de 44.83 (m²).

3.3.1.2.- Levantamiento de los centro de iluminación.

Esta área contiene alumbrado general, en su mayoría equipos fluorescentes TL8 de 2x36W, con ballast electrónico cada equipo. Además cuenta con equipos fluorescentes TL8 de 1x28W ubicados en las paredes específicamente sobre cada cama, de esta manera focalizar iluminación a cada paciente.

El alumbrado general consta de 6 luminarias fluorescentes TL8 de 2x36W.

El alumbrado focalizado consta de 6 luminarias fluorescentes TL8 DE 1x28W, ubicados en la pared sobre cada cama.

3.3.1.3.- Mediciones de los niveles de iluminación.

Según las mediciones realizadas a esta área, el nivel promedio de iluminación es de 387 lux. Además el nivel de iluminación por cama es de 320 lux.

3.3.1.4.- Descripción del estado actual.

La sala medicina es el área la cual contiene más camas, consta de unos ventanales grandes, para así aprovechar la luz natural.

En su interior hay ubicadas 6 camillas.

3.3.1.5.- Periodos de utilización.

3.3.1.5.1.- Alumbrado general.

❖ Sala Medicina

Tabla N°82: Tiempo de utilización alumbrado general.

Rango	Horas de utilización				hrs/día	hrs/período	tiempo de utilización (años)
	7-12hrs	12-18hrs	18-00hrs	00-7hrs			
Verano	2	3	1	2	8	1.200	2
Invierno	2	4	2	2	10	2.100	
					Hrs/año	3.300	

Fuente:Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.3.1.5.2.- Alumbrado focalizado-camas.

Esta iluminación está ubicada sobre cada cama, en promedio por paciente se consideran dos procedimientos en el día y tres procedimientos por la noche, la duración para cada procedimiento será un promedio de 45 minutos. Por otra parte, para el periodo de verano durante el día, este alumbrado no se utiliza ya que se aprovecha la luz natural. El tiempo final en hrs/año será por concepto de iluminación camillas, el cual varía según la sala en cuestión. De esta forma será considerado en el análisis de eficiencia.

❖ Sala Medicina

Tabla N°83: Tiempo de utilización alumbrado general.

Rango	Horas de utilización				hrs/día	hrs/período	tiempo de utilización (años)
	7-12hrs	12-18hrs	18-00hrs	00-7hrs			
Verano	0	0	6,75	6,75	13,5	2.025	2
Invierno	3	6	6,75	6,75,	22,5	4.725	
					Hrs/año	6.750	

Fuente:Elaboración Propia

3.3.1.6.- Determinación de la problemática.

En medicina Hombres-mujeres existe una mala iluminación, ya que no cumple con los valores estipulados por la norma NCH Elec. 4/2003. Ya que en lugares como la analizada presenta valores de iluminación altos comparados normativamente.

Otra problemática que hay, es que la iluminación focalizada no es la adecuada, como es una adaptación realizada por el personal de mantención, para ejecutar los cuidados más personales y así no molestar a todos los pacientes que se encuentran en el mismo sector. Este tipo de equipo no es el óptimo, porque al ser utilizada genera más molestias de los beneficios que debería causar, como por ejemplo, al ser encendida, esta causa molestias en la visión del personal, haciendo que el procedimiento sea dificultoso.

3.3.1.7.- Nivel de eficiencia del estado actual.

Los índices de eficiencia energética serán mencionados para cada sala en las siguientes tablas.

❖ Sala medicina

Tabla N° 84:Resumen de datos Oficina administrativa -actual

Área (m ²)	E_T (lux)	P_{TOTAL} (W)	E_{CAMA} (lux)	P_{CAMA} (W)	IEE (W/m ²)	IEE (W/cama)
44,86	387	518,4	327	28	2,98	8,56

Fuente:Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Consumo de energía sala medicina.

Tabla N°85: Consumo de energía, sala medicina.

<i>alumbrado</i>	P_{TOTAL} (W)	<i>Tiempos de uso</i> (hrs/año)	<i>Energía anuañ</i> (hrs/año)
General	518,4	3.300	1.710,72
Localizado	168	6.750	1.134
		Energía total	2844.72

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2.- Propuesta de solución de eficiencia energética.**3.3.2.1.- Descripción de la propuesta.**

El departamento de Medicina hombre-mujer, es un área en la cual llegan pacientes con patologías más graves, o necesitan atención más especializada. Por esta razón los niveles de iluminación deben ser adecuados, para la buena recuperación y el óptimo actuar del personal, cumpliendo así con los valores lumínicos recomendados por la norma NCH Elec. 4/2003.

3.3.2.2.- Luminarias de mayor eficiencia.

En la presente propuesta se utilizará en su mayoría luminarias LED.

3.3.2.3.- Criterios de elección de luminarias.

Al ser un área donde lo importante son los cuidados de los pacientes, lo cual hace que los requerimientos visuales en alumbrado general sean mínimos, de esta forma no incomodar al paciente en su recuperación, además se requiere un alumbrado focalizado para cada cama, para realizar los cuidados a cada paciente individualmente. De esta forma la luminaria deberá cumplir con los siguientes criterios:

- ❖ Tono de luz: cálida.
- ❖ Temperatura color: $T \leq 3.300$ K
- ❖ Rendimiento color: $Ra \geq 80$.
- ❖ Elegir la de mayor vida útil.
- ❖ Elegir la de mayor eficiencia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.3.2.3.1.- Características de la luminaria.

Alumbrado general.

TRILUX Onplana D07 OTA25
TRILUX Sanesca W3-S2/R LED



Figura N°25: Onplana D07



Figura N°26: Sanesca W3-S

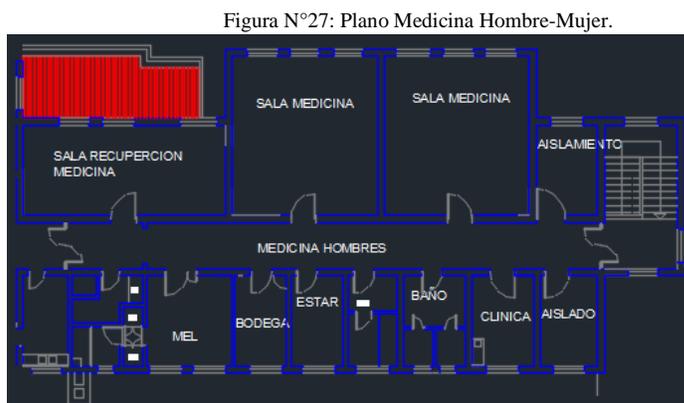
Las luminarias escogidas presentan las siguientes características:

- ❖ Luminaria LED
- ❖ Temperatura color, 3.000 K, 4.000 K dependiendo de la aplicación de la luminaria.
- ❖ Vida útil media nominal 70.000 hrs.
- ❖ Reproducción cromática $Ra > 80$.

3.3.2.4.- Análisis de luminotecnía mediante software DIALUX.

Vista de planta departamento de Medicina hombre-mujer.

En la figuraN°27, se observa una vista de planta del departamento a analizar.



Fuente: Plano Hospital San Carlos.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

❖ Sala Medicina.

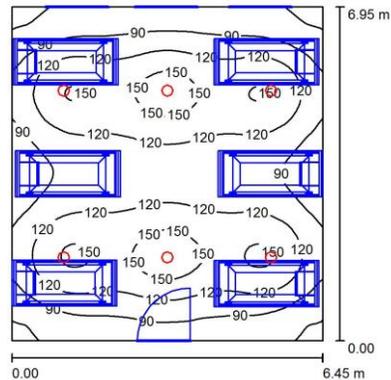
Como se observa en la figura N°29, los niveles de iluminación han sido reducidos, de esta forma mejora el confort de cada paciente, además de cumplir con los valores lumínicos, establecidos en la norma NCH Elec. 4/200

Figura N°28: Vista frontal, sala medicina.



Fuente: Informe DIALUX.

Figura N°29: Vista superior, sala medicina.



Fuente: Informe DIALUX.

Tabla de iluminancia.

En la tabla N°86, podemos corroborar que los valores de iluminación están normados, mostrando un valor de iluminación media de 112 lux.

Tabla N°86: Valores representativos de las iluminarias, sala medicina.

Iluminancias	Nivel de iluminación (lux)
Iluminancia Media (E_M)	112
Iluminancia Mínima (E_M)	90
Iluminancia Máxima (E_M)	167
Uniformidad	0,8

Fuente: Informe DIALUX

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Alumbrado focalizado

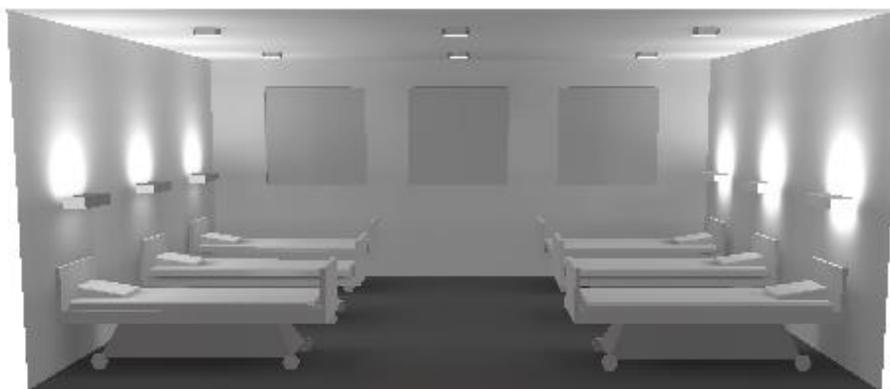
La tabla N°87, muestra un resumen con los valores lumínicos creando así una idea sobre la distribución en la iluminación por camilla.

Tabla N°87: Valores representativos de las iluminarias, sala medicina.

Iluminancias	Nivel de iluminación (lux)
Iluminancia Media (E_M)	221
Iluminancia Mínima (E_M)	116
Iluminancia Máxima (E_M)	845
Uniformidad	0,526

Fuente: Informe DIALUX

Figura N°30: Vista general alumbrado focalizado



Fuente: Informe DIALUX

3.3.2.5.- Nivel de eficiencia de la propuesta.

El alumbrado general consta de 6 luminarias LED, con una potencia total de 60 W.

El alumbrado focalizado consta de 6 aplique mural LED, con iluminación directa e indirecta, con una potencia total de 288 W.

Tabla N°88: Resumen de datos Oficina administrativa -actual

Área (m^2)	E_T (lux)	P_{TOTAL} (W)	E_{CAMA} (lux)	P_{CAMA} (W)	IEE (W/m^2)	IEE ($W/cama$)
44,86	112	60	221	48	1,2	21,71

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Consumo de energía sala medicina.

Tabla N°89: Consumo de energía, sala de medicina

<i>Alumbrado</i>	P_{TOTAL} (W)	<i>Tiempos de uso</i> (hrs/año)	<i>Energía anuañ</i> (hrs/año)
General	60	3.300	198
Localizado	288	6.750	1.944
Energía total			2.142

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2.1.- Comparación de eficiencia.

La tabla N°90, presenta un resumen de los índices de eficiencia, de tal manera de observar las mejoras con respecto a la eficiencia energética.

Tabla N°90: Comparación de eficiencia.

Parámetros.	Actual.	Propuesta.	Comparación.
E_T (lux)	387	112	Se cumple con los niveles recomendados por la norma, además de mejorar el nivel lumínico por cama.
E_{CAMA} (lux)	327	221	
P_{TOTAL} (W)	518,4	60	Se disminuyó la potencia instalada, aunque se aumentó la potencia por cama, priorizando el nivel de iluminación y confort del paciente.
P_{CAMA} (W)	28	48	
IEE (W/m ²)	27,23	1,2	Se ha optimizado el sistema de alumbrado (se obtuvo una mejor iluminación con una menor potencia).

Fuente:Elaboración Propia.

3.3.2.7.- Análisis técnico-económico.

En la tabla N°91, se presenta un resumen de los datos de energía, para obtener el ahorro en Kw-h con la propuesta, considerando un precio referencial de \$ 150 por Kw.

$$\text{Ahorro (Kw-h/año)} = E \text{ actual (Kw-h/año)} - E \text{ propuesta (Kw-h/año)}. \quad (3.1)$$

$$\text{Ahorro (\$/año)} = \text{Ahorro (Kw-h/año)} - 150 (\$/KW-h) \quad (3.2)$$

Tabla N°91: Ahorro de energía.

E actual (Kw-h/año).	E propuesta (Kw-h/año)	Ahorro (Kw-h/año)	Ahorro (\\$/año)
2.844,72	2.142	702,02	105.408

Fuente:Elaboración Propia.

CAPÍTULO III: MODELO PRÁCTICO DE LA GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.3.2.7.1.- Costo luminarias.

La tabla N°92, presenta los precios referenciales por luminaria, para luego obtener el costo total de estas.

Tabla N°92: Costo luminarias.

Cantidad	Descripción	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
6	Sanesca W3-S2/R LED	41.314	247.884
6	Onplana D07 OTA25	9.990	59.940
		Costo luminarias (\$)	307.824

Fuente:Elaboración Propia.

3.3.2.7.2.- Costo mano de obra.

El costo de instalación será de \$12.000 por cada uno de los centros de alumbrado a instalar.

Cantidad de centros de iluminación: 12.

Costo de mano de obra. \$144.000

Tiempo de recuperación.

Inversión inicial (\$): 307.824 + 144.000=451.824

Ahorro de energía anual (\$):105.408

$$PR = \frac{451.824}{105.408} = 4,3 \quad (3.3)$$

El periodo de recuperación de la propuesta es de 4,3 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

CAPITULO IV

COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

ESTADO ACTUAL – PROPUESTA.

4.1.- Abreviaciones.

En las tablas de comparación entre el estado actual y la propuesta de solución, se presenta un resumen con los principales parámetros de eficiencia energética, de tal manera de crear una comparación visible entre el estado actual del Hospital San Carlos y la propuesta de solución.

A continuación se presentan las abreviaciones utilizadas en las tablas de comparación:

- Departamento: Nombre de un área específica.
- Subdivisión: Secciones interiores de un área específica.
- Área (m²): Área de la subdivisión en m².
- E (lux) norma: Nivel de iluminación en la subdivisión, estipulado por la norma eléctrica.
- E (lux): Nivel de iluminación obtenido en la subdivisión.
- ACT: Actual.
- PRO: Propuesto.
- P (W): Potencia instalada en la subdivisión, en W.
- Hrs/año: Tiempo de utilización de la luminaria, en hrs/año.
- E (kW-h): Energía consumida en la subdivisión, Kw-h.
- IEE (W/m²-100lux): Índice de eficiencia energética de la subdivisión, en W/m²-100lux.

4.2.- Tablas Comparativas.

A continuación se presenta una comparación de eficiencia entre el estado actual y la propuesta de restructuración del alumbrado, en las salas del Hospital San Carlos.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Tabla N°93: Comparación laboratorio.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
Laboratorio	Oficina administrativa	9,55	400	432	570	172,8	116	4.020	694,656	466,32	4,19	2,13
	Oficina	4,18	300	388	511	86,4	58	5.460	471,744	316,68	5,33	2,72
	Secretaria	3,08	300	409	546	86,4	58	8.640	746,496	501,12	6,85	3,44
	Pasillo General	34,22	100	154	118	276,6	180	8.640	2.389,824	1.555,20	5,24	4,45
	Lab. Urgencia	14,86	400	340	453	172,8	116	5.670	979,776	657,72	3,43	1,72
	Recepción Examen	11,47	400	723	523	345,6	116	7.200	2.488,230	835,2	4,17	1,93
	UDRL	6,07	400	330	436	86,4	58	5.820	502,848	337,56	4,3	2,11
	Estar Funcionarios	5,6	150	76	164	69,2	55	2.220	153,624	122,1	16,29	6
	Bacteriología	12,98	400	382	512	259,2	116	4.170	720,576	483,72	3,58	1,8
	Preparación medios	9,15	400	259	622	86,4	116	7.470	645,408	866,52	3,66	2,05
	TBC	8,95	400	456	608	178,8	116	5.670	995,328	657,72	4,19	2,11
	Hematología	19,03	400	511	551	345,6	174	5.970	2.063,232	1.038,78	3,56	1,66
	Bioquímica	27,58	400	305	412	259,2	174	2.250	583,200	391,5	3,09	1,54
	Orina	10,76	400	408	547	172,8	116	4.950	855,360	574,2	3,93	1,97
	Parasitología	5,86	400	618	446	172,8	116	6.240	1.072,272	723,84	4,73	2,2
	Área sucia	13,26	150	367	222	172,8	74	2.160	373,248	164,16	3,55	2,58
	Área limpia	10,73	150	417	249	172,8	74	2.160	373,248	164,16	3,86	2,85
	Bodega	4,16	150	700	213	172,8	30	4.950	855,360	148,5	5,94	3,39
	Baño x3	2,61	100	58	135	34,6	15	4.950	171,270	74,25	23,05	4,26
	Of. Secretaría B.TBC-P-CC	12,83	300	379	508	172,8	116	2.160	373,248	250,56	3,68	1,84
				P. inst. (W)		3496,8	1998		17.508,948	10329,81	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Tabla N°94: Comparación medicina Hombre-Mujer.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
Medicina hombre mujer	Aislamiento respirativo	10,86	100	407	111	172,8	20	2.010	347,328	40,2	3,91	1,66
	Aislamiento	10,06	100	241	119	86,4	20	2.010	173,664	40,2	3,57	1,67
	Sala medicina x2	44,83	100	387	112	518,4	60	3.300	1710,72	198	2,98	1,2
	Sala medicina y recuperación	35,55	100	338	128	288	60	2.070	596,16	124,2	2,4	1,32
	Sala recuperación	13,57	100	408	149	144	30	2.520	362,88	75,6	2,6	1,48
	Clínica	10,86	300	412	303	172,8	58	5.100	881,28	295,8	3,86	1,76
	Estar funcionarios	9,01	150	456	336	172,8	58	3.810	658,368	220,98	4,21	1,92
	Bodega	9,01	150	385	286	172,8	58	2.940	508,032	170,52	4,98	2,25
	MEL	14,89	100	339	139	172,8	30	5.460	943,488	163,8	3,42	1,45
	Estación enfermería	18,92	300	466	328	345,6	116	8.640	2985,984	1002,24	3,92	1,87
	Baños	10,63	100	230	265	69,2	57	5.820	402,744	331,74	2,84	2,02
	Jefe medicina	9,72	400	406	541	172,8	116	4.950	855,36	574,2	4,38	2,2
	Sala Reuniones	17,3	400	561	414	345,6	116	1.080	373,248	125,28	3,56	1,62
	Secretaria	12,87	300	465	440	259,2	116	3.960	1026,432	459,36	4,33	2,05
	Bodega Secretaria	4,4	150	711	195	172,8	20	2.880	497,664	57,6	5,52	2,33
	Estar Enfermeros	7,57	150	492	199	172,8	30	8.640	1492,992	259,2	4,64	1,99
	Estar Técnicos	9,24	150	454	182	172,8	30	8.640	1492,992	259,2	4,12	1,78
	Unidad Central Cama	9,79	400	426	567	172,8	116	4.320	746,496	501,12	4,15	2,09
P. inst. (W)						3784,4	1111		16055,83	4899,24	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Tabla N°95: Comparación imagenología.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
Imagenología	Rayos	31,2	300	349	376	345,6	174	5.100	1762,56	887,4	3,17	1,48
	Pasillo	35,25	100	445	118	604,8	180	2.730	1651,10	491,4	3,97	4,45
	Mamografía	26,01	300	225	439	172,8	174	8.640	1492,99	1503,36	2,95	1,52
	Ecotomografía	14,35	300	347	461	172,8	116	2.730	471,74	316,68	3,47	1,75
	Área restringida	14,53	400	343	458	172,8	116	3.810	658,37	441,96	3,46	1,74
	Sala principal	12,01	400	387	519	172,8	116	5.760	995,33	668,16	3,72	1,86
	Baños	2,55	100	53	122	34,6	10	4.850	167,81	48,5	25,76	3,22
P. inst. (W)				1676,2		886			7199,91	4357,46	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°96: Comparación Central alimentación.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
Central Alimentación.	Oficina	10,84	400	349	471	172,8	116	3.510	606,5	407,16	4,56	2,27
	Cocina	71,78	300	348	446	604,8	296	5.400	3265,9	1598,4	2,42	0,93
	Bodega	19,81	150	468	251	345,6	74	5.040	1741,8	372,96	3,73	1,49
	Oficina Administrativa	3,83	300	549	402	172,8	58	3.870	668,7	224,46	8,22	3,81
	Bodega platos	19,25	150	510	157	345,6	37	4.320	1493	159,84	3,52	1,23
P. inst. (W)				1641,6		581			7776,0	2762,8	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Tabla N°97: Comparación Cirugía Mayor Ambulatoria.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
C.M.A	Pasillo	52,85	100	552	183	1047,8	298	2.730	2860,5	813,54	3,59	3,08
	Habitación tipo	13,28	100	344	139	175,6	30	1.800	316,1	54	3,84	1,62
	Bodega	3,89	150	702	209	172,8	30	720	124,4	21,6	6,32	6,69
	Baño	1,58	100	65	143	34,6	15	4.850	167,8	72,75	33,49	3,95
P. inst. (W)						1430,8	373		3468,8	961,89	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°98: Comparación Dental.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
Dental	Box tipo	13,34	400	407	567	172,8	116	1.080	186,6	125,28	3,18	1,53
	Rx dental	5,44	300	505	435	86,4	30	1.440	124,4	43,2	3,15	1,27
	Pasillo Rx	1,89	100	114	248	34,6	10	3.960	137,0	39,6	16,03	2,13
	Teria	2,51	300	75	365	34,6	30	3.240	112,1	97,2	18,47	3,28
P. inst. (W)						328,4	186		560,2	305,28	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Tabla N°99: Comparación Endoscopia.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
Unidad Endoscopia Digestiva	Sala Procedimiento	10,39	300	44	376	69,2	74	1.440	99,6	106,56	15,01	1,89
	Procedimiento central	25,34	300	98	408	311,4	189	2.520	784,7	476,28	12,5	1,83
	Recepción	11,19	300	505	451	192	116	3.240	622,1	375,84	3,4	2,3
	Lavado	10,03	150	57	171	103,8	40	1.080	112,1	43,2	18,02	3,09
	Pasillo espera	42,07	100	84	136	346	180	8640	2989,4	1555,2	9,76	3,15
P. inst. (W)						1022,4	604		4608,0	2562,5	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°100: Comparación Esterilización.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
Esterilización	Central	5,43	300	529	379	172,8	58	2.520	435,5	146,16	6,02	2,82
	Lavado equipo e instrumental	11,03	300	358	482	172,8	116	2.880	497,7	334,08	4,38	2,18
P. inst. (W)						345,6	174		933,1	480,24	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Tabla N°101: Comparación recepción.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
Recepción	Farmacia	11,45	300	392	521	172,8	116	8.640	1492,992	1002,24	3,85	1,94
	Químico farmacéutico	11,45	300	396	528	172,8	116	7.200	1244,16	835,2	3,81	1,92
	Informático	11,95	300	306	409	172,8	116	3.960	684,288	459,36	4,73	2,37
	O.I.R.S	11,95	300	386	513	172,8	116	3.240	559,872	375,84	3,75	1,89
P. inst. (W)						691,2	464		3981,312	2672,64	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°102: Comparación residencia.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
Residencia	Pasillo	22,82	100	382	116	345,6	120	8.640	2986,0	1036,8	3,96	4,54
	residencia Tipo	15,96	150	339	175	172,8	40	4.170	720,6	166,8	3,2	1,43
	Baño	4,32	100	45	100	34,6	10	3.980	137,7	39,8	17,96	2,26
P. inst. (W)						553	170		3844,3	1243,4	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°103: Comparación unidad Cardiológica.

Departamento	Sub División	Área (m ²)	E (lux) Norma	E (lux)		P(W)		Hrs/año	E (kW-h)		IEE (W/m ² -100lux)	
				ACT	PRO	ACT	PRO		ACT	PRO	ACT	PRO
C.M.A	Pasillo	52,85	100	552	183	1047,8	298	2.730	2860,5	813,54	3,59	3,08
	Habitación tipo	13,28	100	344	139	175,6	30	1.800	316,1	54	3,84	1,62
	Bodega	3,89	150	702	209	172,8	30	720	124,4	21,6	6,32	6,69
	Baño	1,58	100	65	143	34,6	15	4.850	167,8	72,75	33,49	3,95
P. inst. (W)						1430,8	373		3468,8	961,89	E. anual (KW-h)	

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

4.3.-Análisis técnico-económico.

4.3.1.-Abreviaciones.

En las siguientes tablas, se muestra la evaluación económica de la propuesta. Estimando los costos de instalación y el tiempo de la recuperación del capital invertido.

A continuación se presentan las abreviaciones utilizadas en las tablas del análisis técnico-económico:

- Cant: Cantidad de luminarias por sector.
- Costo Lumin.: Costo por Luminaria.
- Costo Total: Costo total por sector.
- Inv. Inicial: Inversión inicial por sector.
- E act (kW-h): Energía actual por sector.
- E pro (kW-h): Energía propuesta por sector.

4.3.2.- Tablas análisis técnico-económico.

A continuación se presentan las tablas para determinar los costos de instalación y tiempos de recuperación por departamento. Para ello se fijan las siguientes constantes.

- Precio referencial por Kw-h: \$150.
- Precio de instalación por centro de iluminación: \$12.000
- Costo Total = Cantidad de luminarias por sector * Costo por Luminaria.
- Inversión Inicial = Costo Total + (Cantidad de luminarias por sector * Precio de instalación por centro de iluminación).
- Ahorro (kW-h) = E act (kW-h) - E pro (kW-h).
- Ahorro (\$) = Ahorro (kW-h) * Precio referencial por Kw-h.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Laboratorio.

Tabla N°104: Análisis técnico-económico Laboratorio.

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)	
laboratorio	Ofcina administrativa	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	694,656	466,32	228,336	34.250,40	
	Oficina	Lunexo D2 CDP-I	1	41.314	41.314	53.314	471,744	316,68	155,064	23.259,60	
	Secretaria	Lunexo D2 CDP-I	1	41.314	41.314	53.314	746,496	501,12	245,376	36.806,40	
	Pasillo General	Solvan D1-L OA-PC	6	33.900	203.400	275.400	2.389,824	1.555,20	834,624	125.193,60	
	Lab. Urgencia	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	979,776	657,72	322,056	48.308,40	
	Recepcion Examen	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	2.488,230	835,2	1.653,030	247.954,50	
	UDRL	Lunexo D2 CDP-I	1	41.314	41.314	53.314	502,848	337,56	165,288	24.793,20	
	Estar Funcionarios	PolaronIQ WD1	5	33.900	169.500	229.500	153,624	122,1	31,524	4.728,60	
	Bacteriologia	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	720,576	483,72	236,856	35.528,40	
	Preparacion medios	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	645,408	866,52	-	221,112	-33.166,80
	TBC	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	995,328	657,72	337,608	50.641,20	
	Hematologia	Lunexo D2 CDP-I	3	41.314	123.942	159.942	2.063,232	1.038,78	1.024,452	153.667,80	
	Bioquimica	Lunexo D2 CDP-I	3	41.314	123.942	159.942	583,200	391,5	191,700	28.755,00	
	Orina	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	855,360	574,2	281,160	42.174,00	
	Parasitologia	Lunexo D2 CDP-I	1	41.314	41.314	53.314	1.072,272	723,84	348,432	52.264,80	
	Area sucia	3331 G2 D3 TS	2	29.373	58.746	82.746	373,248	164,16	209,088	31.363,20	
	Area limpia	3332 G2 D3 TS	2	29.373	58.746	82.746	373,248	164,16	209,088	31.363,20	
	Bodega	7401 II-BS	2	11.250	22.500	46.500	855,360	148,5	706,860	106.029,00	
	Baño x3	7402 II-BS	1	11.250	11.250	23.250	171,270	74,25	97,020	14.553,00	
	Of. Secretaria B.TBC-P-CC	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	373,248	250,56	122,688	18.403,20	
Inv. Inicial Total (\$)						2.126.306	Ahorro Total (\$)			1.076.870,7	

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 2.126.306

Ahorro total anual (\$) = 1.076.870,7

$$PR = \frac{2.126.306}{1.076.870,7} = 1,97 \quad (4.1)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 1,97 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Cirugía Mayor Ambulatoria

Tabla N°105: Análisis técnico-económico Cirugía Mayor Ambulatoria.

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
C.M.A	Pasillo	Solvan D1-L OA-PC	8	33.900	271.200	367.200	2860,5	813,54	2047,0	307.043
	Habitación tipo	Onplana D07 OTA25	3	9.990	29.970	65.970	316,1	54	262,1	39.312
	Bodega	7401 II-BS	2	11.250	22.500	46.500	124,4	21,6	102,8	15.422
	Baño	7401 II-BS	1	11.250	11.250	23.250	167,8	72,75	95,1	14.259
Inv. Inicial Total (\$)						502.920		Ahorro Total (\$)		376.036,50

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 502.920

Ahorro total anual (\$) = 376.036,5

$$PR = \frac{502.920}{376.036,5} = 1,3 \quad (4.2)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 1,3 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Central Alimentación.

Tabla N°106: Análisis técnico-económico Central Alimentación

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
Central Alimentación.	Oficina	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	606,528	407,16	199,368	29.905,2
	Cocina	3331 G2 D3 TS	8	29.373	234.984	330.984	3265,92	1598,4	1667,52	250.128,0
	Bodega	3332 G2 D3 TS	2	41.314	82.628	106.628	1741,824	372,96	1368,864	205.329,6
	ina Administr	Lunexo D2 CDP-I	1	29.373	29.373	41.373	668,736	224,46	444,276	66.641,4
	Bodega platos	3332 G2 D3 TS	1	29.373	29.373	41.373	1492,992	159,84	1333,152	199.972,8
Inv. Inicial Total (\$)						626.986		Ahorro Total (\$)		751.977

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 626.992

Ahorro total anual (\$) = 751.977

$$PR = \frac{626.992}{751.977} = 0,8 \quad (4.3)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 0,8 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Cardiología.

Tabla N°107: Análisis técnico-económico Cardiología.

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
Cardiología	Box 1	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	1.368,58	459,36	909,216	136.382,4
	Box médico	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	658,368	441,96	216,408	32.461,2
	Baño	Onplana D07 OTA25	1	9.990	9.990	21.990	164,35	47,5	116,85	17.527,5
	Box varios	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	622,08	417,6	204,48	30.672,0
Inv. Inicial Total (\$)						341.874	Ahorro Total (\$)			217.043,1

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 341.874

Ahorro total anual (\$) = 217.043,1

$$PR = \frac{341.874}{217.043,1} = 1,6 \quad (4.4)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 1,6 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Dental

Tabla N°108: Análisis técnico-económico Dental.

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
Dental	Box tipo	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	186,624	125,28	61,344	9.201,6
	Rx dental	Onplana D07 OTA25	3	9.990	29.970	65.970	124,416	43,2	81,216	12.182,4
	Pasillo Rx	Onplana D07 OTA26	1	9.990	9.990	21.990	137,016	39,6	97,416	14.612,4
	Teria	7401 II-BS	2	11.250	22.500	46.500	112,104	97,2	14,904	2.235,6
Inv. Inicial Total (\$)						241.088	Ahorro Total (\$)			38.232

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 241.088

Ahorro total anual (\$) = 38.232

$$PR = \frac{241.088}{38.232} = 6,3 \quad (4.5)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 6,3 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Unidad Endoscopia Digestiva.

Tabla N°109: Análisis técnico-económico Unidad Endoscopia Digestiva

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
Unidad Endoscopia Digestiva	Sala Procedimiento	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	99,648	106,56	-6,912	-1.036,8
	Procedimiento central	Lunexo D2 CDP-I	3	41.314	123.942	159.942	784,728	476,28	308,448	46.267,2
	Recepción	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	622,08	375,84	246,24	36.936,0
	Lavado	Onplana D07 OTA26	4	9.990	39.960	87.960	112,104	48,6	63,504	9.525,6
	Pasillo espera	Solvan D1-L OA-PC	6	33.900	203.400	275.400	2989,44	1555,2	1434,24	215.136,0
Inv. Inicial Total (\$)						736.558	Ahorro Total (\$)		306.828	

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 736.558

Ahorro total anual (\$) = 306.828

$$PR = \frac{736.558}{306.828} = 2,4 \quad (4.6)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 2,4 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Esterilización.

Tabla N°110: Análisis técnico-económico Esterilización.

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
Esterilización	Central	Lunexo D2 CDP-1	2	41.314	82.628	106.628	435,456	146,16	289,296	43.394,4
	Lavado equipo e instrumental	Lunexo D2 CDP-1	1	41.314	41.314	53.314	497,664	334,08	163,584	24.537,6
Inv. Inicial Total (\$)						159.942	Ahorro Total (\$)			67.932

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 159.942

Ahorro total anual (\$) = 67.932

$$PR = \frac{159.942}{67.932} = 2,4 \quad (4.7)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 2,4 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Medicina Hombre-Mujer

Tabla N°111: Análisis técnico-económico Medicina Hombre- Mujer.

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
Medicina hombre mujer	Aislamiento respirativo	Onplana D07 OTA26	2	9.990	19.980	43.980	347,328	40,2	307,128	46.069,2
	Aislamiento	Onplana D07 OTA27	2	9.990	19.980	43.980	173,664	40,2	133,464	20.019,6
	Sala medicina	Onplana D07 OTA28	6	9.990	59.940	131.940	1710,72	198	1512,72	226.908,0
	Sala medicina y recuperacion	Onplana D07 OTA29	4	9.990	39.960	87.960	596,16	124,2	471,96	70.794,0
	Sala recuperacion	Onplana D07 OTA30	3	9.990	29.970	65.970	362,88	75,6	287,28	43.092,0
	Clínica	Lunexo D2 CDP-I	1	41.314	41.314	53.314	881,28	295,8	585,48	87.822,0
	Estar funcionarios	Lunexo D2 CDP-I	1	41.314	41.314	53.314	658,368	220,98	437,388	65.608,2
	Bodega	Lunexo D2 CDP-I	1	41.314	41.314	53.314	508,032	170,52	337,512	50.626,8
	MEL	Onplana D07 OTA30	3	9.990	29.970	65.970	943,488	163,8	779,688	116.953,2
	Estación enfermería	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	2985,984	1002,24	1983,744	297.561,6
	Baños	3331 G2 D3 TS	1	29.373	29.373	41.373	402,744	331,74	71,004	10.650,6
		Onplana D07 OTA30	2	9.990	19.980	43.980			0	0,0
	Jefe medicina	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	855,36	574,2	281,16	42.174,0
	Sala Reuniones	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	373,248	125,28	247,968	37.195,2
	Secretaria	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	1026,432	459,36	567,072	85.060,8
	Bodega Secretaria	Onplana D07 OTA29	3	9.990	29.970	65.970	497,664	57,6	440,064	66.009,6
	Estar Enfermeros	Onplana D07 OTA30	3	9.990	29.970	65.970	1492,992	259,2	1233,792	185.068,8
	Estar Técnicos	Onplana D07 OTA31	3	9.990	29.970	65.970	1492,992	259,2	1233,792	185.068,8
	Unidad Central Cama	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	746,496	501,12	245,376	36.806,4
Inv. Inicial Total (\$)						1.416.145	Ahorro Total (\$)			1.673.488,8

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 1.416.145

$$\text{Ahorro total anual ($) = 1.673.488,8} \quad PR = \frac{1.416.145}{1.673.488,8} = 0,8 \quad (4.8)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 0,8 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Imagenología.

Tabla N°112: Análisis técnico-económico Imagenología.

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
Imagenología	Rayos	Lunexo D2 CDP-I	3	41.314	123.942	159.942	1762,56	887,4	875,16	131.274,0
	Pasillo	Solvan D1-L OA-PC	6	33.900	203.400	275.400	1651,104	491,4	1159,704	173.955,6
	Mamografía	Lunexo D2 CDP-I	3	41.314	123.942	159.942	1492,992	1503,36	-10,368	-1.555,2
	Ecotomografía	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	471,744	316,68	155,064	23.259,6
	Área restringida	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	658,368	441,96	216,408	32.461,2
	Sala principal	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	995,328	668,16	327,168	49.075,2
	Baños	Onplana D07 OTA30	1	9.990	9.990	21.990	167,81	48,5	119,31	17.896,5
						Inv. Inicial Total (\$)			Ahorro Total (\$)	426.366,9
						937.158				

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 937.158

Ahorro total anual (\$) = 426.336,9

$$PR = \frac{937.158}{426.336,9} = 2,2 \quad (4.9)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 2,2 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Recepción.

Tabla N°113: Análisis técnico-económico Recepción.

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
Recepción	Farmacia	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	1492,992	1002,24	490,752	73.612,8
	Químico farmacéutico	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	1244,16	835,2	408,96	61.344,0
	Informático	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	684,288	459,36	224,928	33.739,2
	O.I.R.S	Lunexo D2 CDP-I	2	41.314	82.628	106.628	559,872	375,84	184,032	27.604,8
Inv. Inicial Total (\$)						426.512		Ahorro Total (\$)		196.300,8

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 426.512

Ahorro total anual (\$) = 196.300,8

$$PR = \frac{426.512}{196.300,8} = 2,2 \quad (4.11)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 2,2 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Residencia.

Tabla N°114: Análisis técnico-económico Residencia.

Departamento	Subdivision	Luminaria	Cant.	Costo Lumin. (\$)	Costo Total (\$)	Inv. Inicial (\$)	E act (kW-h)	E pro (kW-h)	Ahorro (kW-h)	Ahorro (\$)
Residencia	Pasillo	Solvan D1-L OA-PC	4	33.900	135.600	183.600	2985,984	1.036,8	1.949,2	292.377,6
	Residencia Tipo	Onplana D07 OTA29	4	9.990	39.960	87.960	720,576	166,8	553,8	83.066,4
	Baño	Onplana D07 OTA30	1	9.990	9.990	21.990	137,708	39,8	97,9	14.686,2
Inv. Inicial Total (\$)						293.550	Ahorro Total (\$)			390.130,2

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 293.550

Ahorro total anual (\$) = 390.130,2

$$PR = \frac{293.550}{390.130,2} = 0,8 \quad (4.12)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 0,8 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

❖ Tabla resumen análisis técnico-económico.

En la tabla podemos apreciar la inversión inicial y el ahorro que corresponde a cada departamento y una evaluación total del edificio estudiado. De esta forma podemos apreciar los costos totales.

Tabla N°115: Resumen Análisis técnico-económico

Departamento	Inv. Inicial (\$)	Ahorro (\$)
Residencia	293.550	390.130,2
Recepción	426.512	196.300,8
Imagenología	937.158	426.366,9
Medicina	1.416.145	1.673.488,8
Esterilización	159.942	67.932,0
Endoscopia	736.558	306.828,0
Dental	241.088	38.232,0
Cardiología	341.874	217.043,1
Alimentación	615.045	751.977,0
C.M.A.	502.920	376.036,5
Laboratorio	2.126.306	1.076.870,7
TOTAL	7.797.098	5.521.206,0

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Periodo de recuperación total.

De acuerdo la ecuación (2.2) del Capítulo II se tiene.

Inversión Inicial (\$) = 7.797.098

Ahorro total anual (\$) = 5.521.206

$$PR = \frac{7.797.098}{5.521.206} = 1,4 \quad (4.13)$$

El Periodo de recuperación (PR) de la propuesta es de 1,4 años.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

4.4.-Análisis Ahorro de Energía.

La tabla N°104, muestra los porcentajes de ahorro en potencia de cada departamento, el cual se reduce una potencia instalada en un 56%. Las abreviaciones contenidas corresponden a:
 P [W] Actual: Potencia actual de cada zona.

P [W] Propuesta: Potencia de la propuesta de solución en cada zona.

P [W] Ahorro: Diferencia entre la potencia actual y la propuesta.

Ahorro P [%]: Porcentaje de ahorro en potencia referido al actual.

Tabla N°116: Resumen de potencia instalada en los departamentos.

Zonas	P (W) actual	P (W) propuesta	P (W) ahorro	Ahorro P (%)
Laboratorio.	3.497	1.998	1.499	42,9
Medicina H-M	3.784	1.111	2.673	70,6
Imagenología.	1.676	886	790,2	47,1
Alimentación.	1.642	581	1.061	64,2
C.M.A.	1.430,8	373	1.057,8	73,9
Dental.	328,4	186	142,4	43,4
Endoscopia.	1.022,4	604	418,4	40,9
Esterilización.	345,6	174	171,6	49,7
Recepción	691,2	464	227,2	32,9
Residencias	553	170	383	69,3
Unidad cardiológica.	725,8	358	367,8	50,7
total	15.696	6.905	6.118	56

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

En la tabla N°105, se obtienen los porcentajes de ahorro de energía por departamento. Las abreviaciones contenidas son las siguientes:

E [kW-h] Actual: Energía actual de cada zona.

E [kW-h] Propuesta: Energía de la propuesta de solución en cada zona.

E [kW-h] Ahorro: Diferencia entre energía actual y propuesta.

Ahorro E [%]: Porcentaje de ahorro en energía referido al consumo actual.

Tabla N°117: Porcentajes de ahorro de energía.

Zonas	E[kW-h] Actual	E[kW-h] Propuesta	E[kW-h] Ahorro	Ahorro E [%]
Laboratorio.	17.508,948	10.329,81	7.179,138	41
Medicina H-M	16.055,83	4.899,24	11.156,6	69,5
Imagenología.	7.199,91	4.357,46	2.842,45	39,5
Alimentación.	7.776	2.763	5.013,2	64,5
C.M.A.	3.468,8	961.,89	2.506,6	72,3
Dental.	560,2	305,14	254,9	45,5
Endoscopia.	4.608	2.562,5	2.045,5	44,4
Esterilización.	933,1	480,24	452,9	48,5
Recepción	3.981,3	2.672,64	1.308,67	32,9
Residencias	3.844,3	1.243,4	2.600,9	67,7
Unidad cardiológica.	2.813,4	1.366,4	1.447	51,4
total	68.750	30.980	36.808	53,5

Fuente: Elaboración Propia.

En consecuencia, al implementar la propuesta de reestructuración de los centros de iluminación en el HSC, y al considerar los tiempos de uso de las luminarias para cada recinto, se obtiene una reducción del 53,5 de la energía consumida.

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

Durante el periodo en el cual se realizó el levantamiento eléctrico, se pudo apreciar la situación del hospital, observando que el estado de las luminarias no se encuentra en mal funcionamiento, por el buen actuar del personal de mantención, esto facilita la aplicación de la guía de eficiencia energética, ya que es por ellos en donde se debe comenzar a desarrollar, de esta forma llegar a cada funcionario para lograr un hospital eficiente.

El objetivo principal de este seminario, es la mejora del sistema de iluminación del Hospital San Carlos, mejorando los niveles de iluminación, de eficiencia en cada recinto, con la aplicación de nuevas tecnologías eficientes, generando ahorros económicos y una mejor calidad de iluminación, cumpliendo con los valores recomendados por la norma NCH Elec. 4/2003, y con los requerimientos visuales del personal y del paciente.

En cuanto a la iluminación se propone el cambio de la totalidad de las luminarias por equipos de tecnología LED, por sus grandes beneficios que esta presenta y su alto rango de utilidades ya que puede ser implementada en cualquier lugar de trabajo.

La iluminación actual de hospital cuenta con un 75,6% en luminarias fluorescentes, con un 66,4% en TL8 y un 9,2% en TL5.

En cuanto a luminarias incandescentes algunas fueron cambiadas por las del tipo económicas con un 20,6%.

Teniendo como resultado una gran cantidad de áreas fuera de norma, con un 23,7% de los locales con un bajo nivel de iluminación. Y con 28,9% locales con niveles de iluminación muy altos. Cabe descartar que el 47,4% de los recintos cumplieran los niveles normados, es un valor alto de recintos ya que se considera un lugar exento de remodelación y/o actualización arquitectónicas.

De acuerdo a lo anterior, se reconocen condiciones susceptibles de ser mejoradas en iluminación y que generarían grandes ahorros energéticos a las que se cumpla los requerimientos normativos.

Finalmente podemos concluir que el desarrollo del presente seminario, junto con plantear una solución al problema de iluminación del Hospital San Carlos, profundizó el conocimiento de un tema que tiene tanta importancia en la actualidad. La Eficiencia Energética.

APENDICE I: PROPUESTA DE REESTRUCTURACION DE LOS CENTROS DE ILUMINACION EN EL HSC.

BIBLIOGRAFÍA.

- (1) Coral P. (2006). HE3, Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación. Santiago de Compostela: IDAE.
- (2) Comité técnico AEN/CTN72. Iluminación y Color. (2003). Norma española UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo, Parte 1: Lugares de trabajo en interiores. Madrid-España: AENOR.
- (3) Comité Español de Iluminación. (2001). Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria”. Madrid, España: IDAE.
- (4) Norma DIN 5035.
- (5) S.E.C. (2003). Norma eléctrica NCH Elec. 4/2003. Instalaciones de consumo en baja tensión. Chile.
- (6) TRILUX. (2011-2016). Catálogo de iluminación interior. Internacional: TRILUX.
- (7) Legrand. (2009-2011). Catálogo de iluminación interior. Santiago, Chile: Legrand.
- (8) AChee. (2013-2015). Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos de Salud. Santiago, Chile: AChee.

APENDICE I: PROPUESTA DE REESTRUCTURACION DE LOS CENTROS DE ILUMINACION EN EL HSC.

APENDICE I

PROPUESTA DE REESTRUCTURACION
DE LOS CENTROS DE ILUMINACION EN EL HSC.

Las tablas de la propuesta de reestructuración de los centros de iluminación, presentan el detalle de la selección de luminarias, según el procedimiento planteado en la guía técnica de eficiencia energética.

A continuación se presenta una simbología con las abreviaciones utilizadas en las tablas de la propuesta:

- Departamento: Nombre de un área específica.
- Subdivisión: Secciones interiores dentro de un área específica.
- Luminaria: Nombre específico de la luminaria seleccionada.
- K: Temperatura Color.
- Ra: Índice reproducción cromática.
- Lm: Flujo luminoso.
- V.U. (kh): Vida útil en kilo horas.
- P (W) lum: Potencia nominal de la luminaria, expresada en W.
- N° lum: Cantidad de luminarias presentes en una subdivisión.
- P (W): sala: Potencia total instalada en la sala, expresada en W
- E (lux): Nivel de iluminancia media en la sala, expresada en lux.

APENDICE I: PROPUESTA DE REESTRUCTURACION DE LOS CENTROS DE ILUMINACION EN EL HSC.

Tabla 106: Propuesta laboratorio (véase apéndice II, laboratorio)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	Im	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Laboratorio	Oficina administrativa	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	570
	Oficina	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	1	58	511
	Secretaria	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	1	58	546
	Pasillo General	Solvan D1-L OA-PC	4000	80	2600	50	30	6	180	118
	Lab. Urgencia	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	453
	Recepcion Examen	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	523
	UDRL	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	1	58	436
	Estar Funcionarios	PolaronIQ WD1	3000	80	900	70	11	5	55	164
	Bacteriología	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	512
	Preparacion medios	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	622
	TBC	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	608
	Hematología	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	3	174	551
	Bioquímica	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	3	174	412
	Orina	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	547
	Parasitología	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	1	58	446
	Area sucia	3331 G2 D3 TS	4000	80	4900	50	37	2	74	222
	Area limpia	3332 G2 D3 TS	4000	80	4900	50	37	2	74	249
	Bodega	7401 II-BS	3000	80	1600	50	15	2	30	213
	Baño	7402 II-BS	3000	80	1600	50	15	1	15	135
Of. Secretaria B.TBC-P-CC	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	508	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 107: Propuesta C.M.A. (véase apéndice II, C.M.A.)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	Im	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
C.M.A	Pasillo	Solvan D1-LOA-PC	4000	80	2600	50	30	8	240	183
	Habitación tipo	Onplana D07 OTA25	3000	80	1200	70	10	3	30	139
	Bodega	7401 II-BS	3000	80	1600	50	15	2	30	209
	Baño	7401 II-BS	3000	80	1600	50	15	1	15	143

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 108: Propuesta Alimentación (véase apéndice II, Alimentación)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	Im	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Central Alimentación.	Oficina	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	471
	Cocina	3331 G2 D3 TS	4000	80	4900	50	37	8	296	446
	Bodega	3332 G2 D3 TS	4000	80	4900	50	37	2	74	251
	Oficina Administrativa	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	1	58	402
	Bodega platos	3332 G2 D3 TS	4000	80	4900	50	37	1	37	157

Fuente: Elaboración Propia.

APENDICE I: PROPUESTA DE REESTRUCTURACION DE LOS CENTROS DE ILUMINACION EN EL HSC.

Tabla 109: Propuesta Cardiología (véase apéndice II, Cardiología)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	Im	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Cardiología	Box 1	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	505
	Box médico	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	576
	Baño	Onplana D07 OTA25	3000	80	1200	70	10	1	10	129
	Box varios	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	619

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 110: Propuesta Dental (véase apéndice II, Dental)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	Im	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Dental	Box tipo	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	567
	Rx dental	Onplana D07 OTA25	3000	80	1200	70	10	3	30	435
	Pasillo Rx	Onplana D07 OTA26	3000	80	1200	70	10	1	10	248
	Teria	7401 II-BS	3000	80	1600	50	15	2	30	365

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 111: Propuesta Endoscopia (véase apéndice II, Endoscopia)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	Im	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Unidad Endoscopia Digestiva	Sala Procedimiento	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	74	376
	Procedimiento central	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	3	174	408
	Recepción	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	451
	Lavado	Onplana D07 OTA26	3000	80	1200	70	10	4	45	171
	Pasillo espera	Solvan D1-L OA-PC	4000	80	2600	50	30	6	180	136

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 112: Propuesta Esterilización (véase apéndice II, Esterilización)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	Im	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Esterilización	Central	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	58	379
	Lavado equipo e instrumental	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	1	116	482

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 113: Propuesta Recepción (véase apéndice II, Recepción)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	Im	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Recepción	Farmacia	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	521
	Químico farmacéutico	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	528
	Informático	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	409
	O.I.R.S	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	513

Fuente: Elaboración Propia.

APENDICE I: PROPUESTA DE REESTRUCTURACION DE LOS CENTROS DE ILUMINACION EN EL HSC.

Tabla 114: Propuesta Medicina Hombre-Mujer (véase apéndice II, Medicina Hombre-Mujer)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	lm	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Medicina hombre mujer	Aislamiento respirativo	Onplana D07 OTA26	3000	80	1200	70	10	2	20	111
	Aislamiento	Onplana D07 OTA27	3000	80	1200	70	10	2	20	119
	Sala medicina x2	Onplana D07 OTA28	3000	80	1200	70	10	6	60	112
	Sala medicina y recuperacion	Onplana D07 OTA29	3000	80	1200	70	10	4	60	128
	Sala recuperacion	Onplana D07 OTA30	3000	80	1200	70	10	3	30	149
	Clínica	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	1	58	303
	Estar funcionarios	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	1	58	336
	Bodega	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	1	58	286
	MEL	Onplana D07 OTA30	3000	80	1200	70	10	3	30	139
	Estación enfermería	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	328
	Baños	3331 G2 D3 TS	4000	80	4900	50	37	1		
		Onplana D07 OTA30	3000	80	1200	70	10	2	57	265
	Jefe medicina	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	541
	Sala Reuniones	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	414
	Secretaria	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	440
	Bodega Secretaria	Onplana D07 OTA29	3000	80	1200	70	10	3	20	195
	Estar Enfermeros	Onplana D07 OTA30	3000	80	1200	70	10	3	30	199
	Estar Técnicos	Onplana D07 OTA31	3000	80	1200	70	10	3	30	182
Unidad Central Cama	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	567	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 115: Propuesta Imagenología (véase apéndice II, Imagenología)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	lm	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Imagenología	Rayos	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	3	174	376
	Pasillo	Solvan D1-L OA-PC	4000	80	2600	50	30	6	180	118
	Mamografía	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	3	174	439
	Ecotomografía	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	461
	Área restringida	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	458
	Sala principal	Lunexo D2 CDP-I	4000	80	5500	70	58	2	116	519
	Baños	Onplana D07 OTA30	3000	80	1200	70	10	1	10	122

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 116: Propuesta Residencia (véase apéndice II, Residencia)

Departamento	Sub División	LUMINARIA	K	Ra	lm	V.U. (kh)	P (W) lum	N° lum	P (W) sala	E (lux)
Residencia	Pasillo	Solvan D1-L OA-PC	4000	80	2600	50	30	4	120	116
	Residencia Tipo	Onplana D07 OTA29	3000	80	1200	70	10	4	40	175
	Baño	Onplana D07 OTA30	3000	80	1200	70	10	1	10	100

Fuente: Elaboración Propia.

APENDICE II PLANOS HSC.

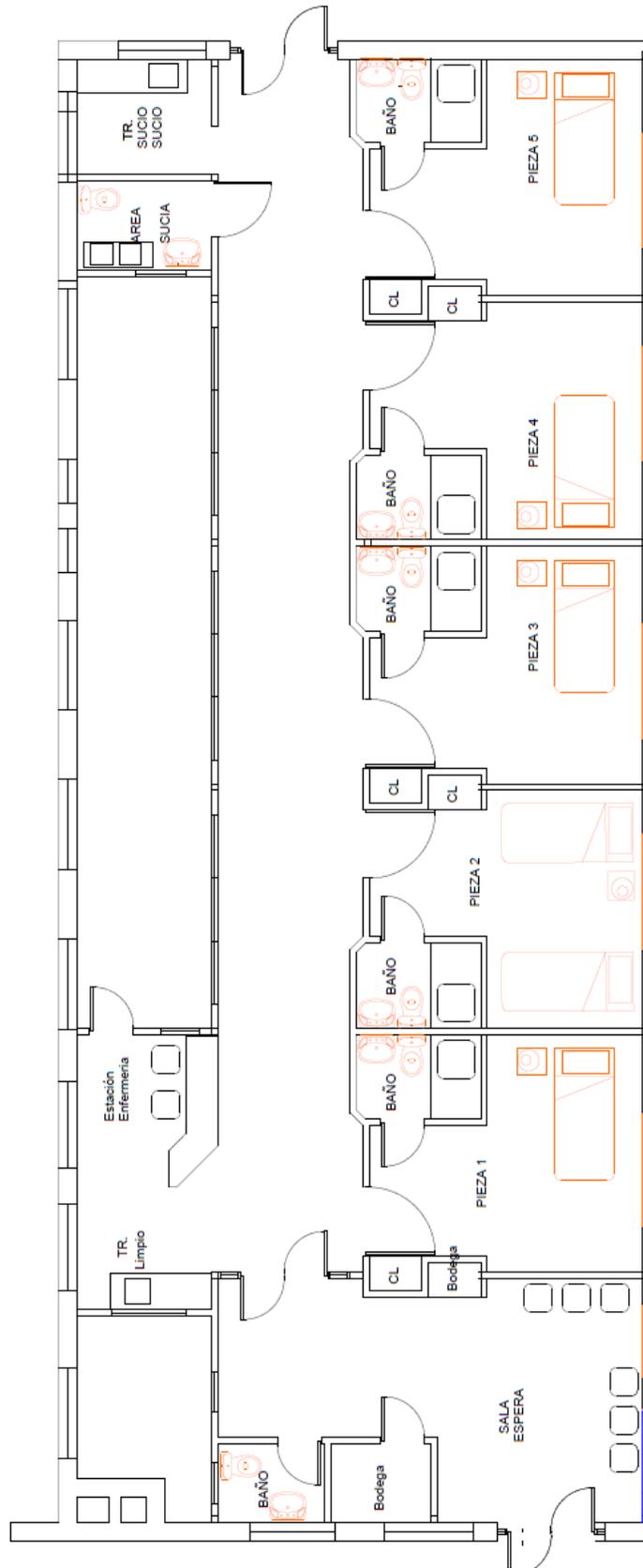
APENDICE II
PLANOS HSC.

APENDICE II PLANOS HSC.



APENDICE II PLANOS HSC.

C.M.A



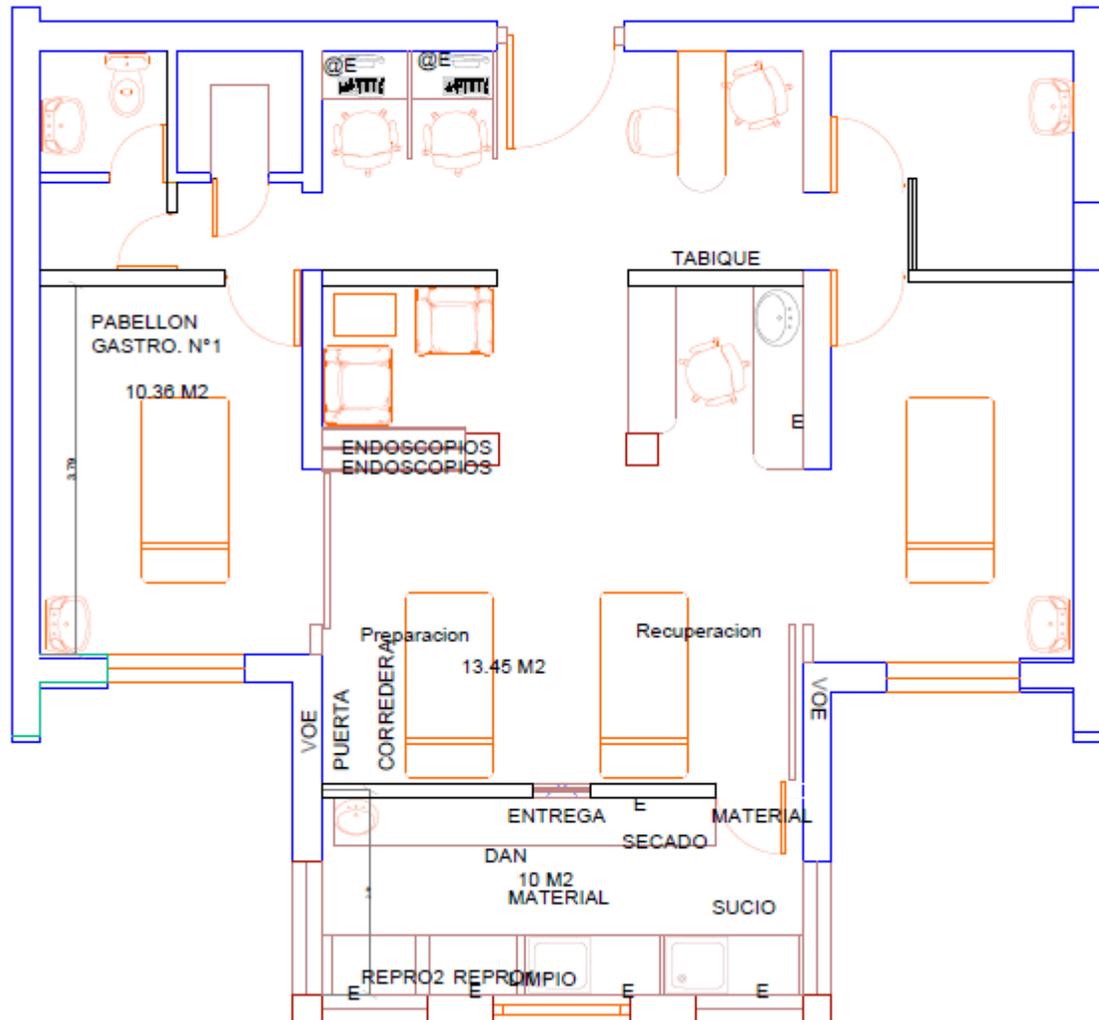
APENDICE II PLANOS HSC.

SERVICIO DENTAL



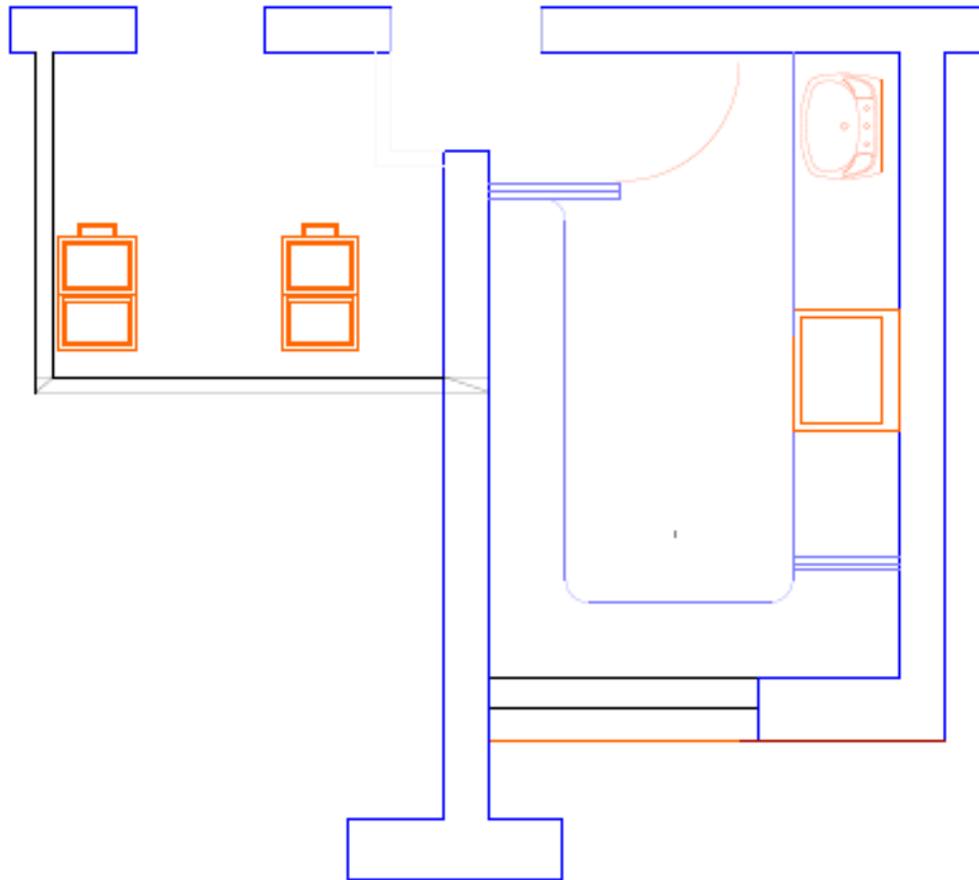
APENDICE II PLANOS HSC.

ENDOSCOPIA

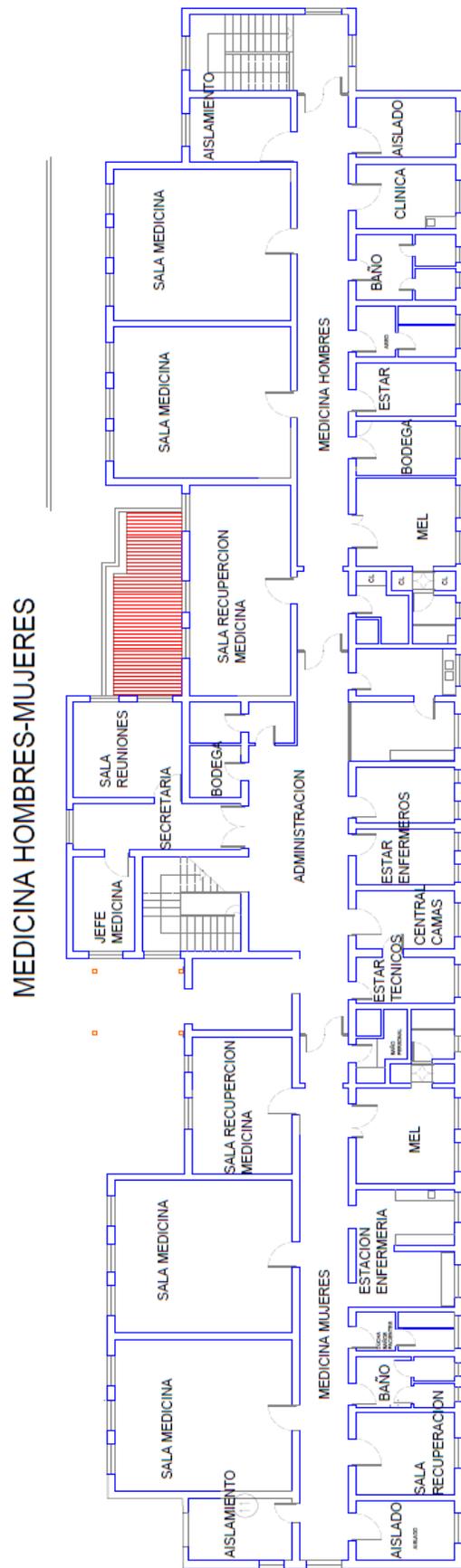


APENDICE II PLANOS HSC.

ESTERILIZACION

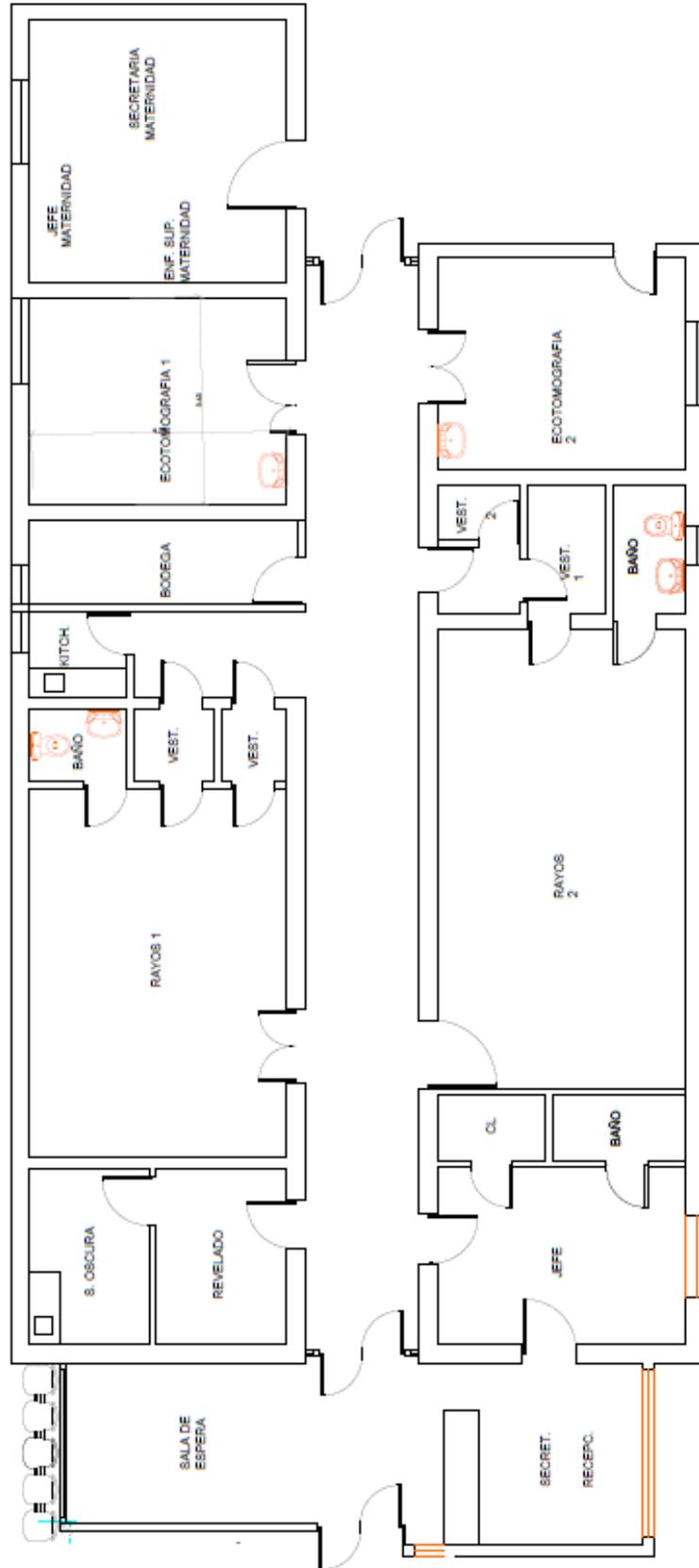


APENDICE II PLANOS HSC.



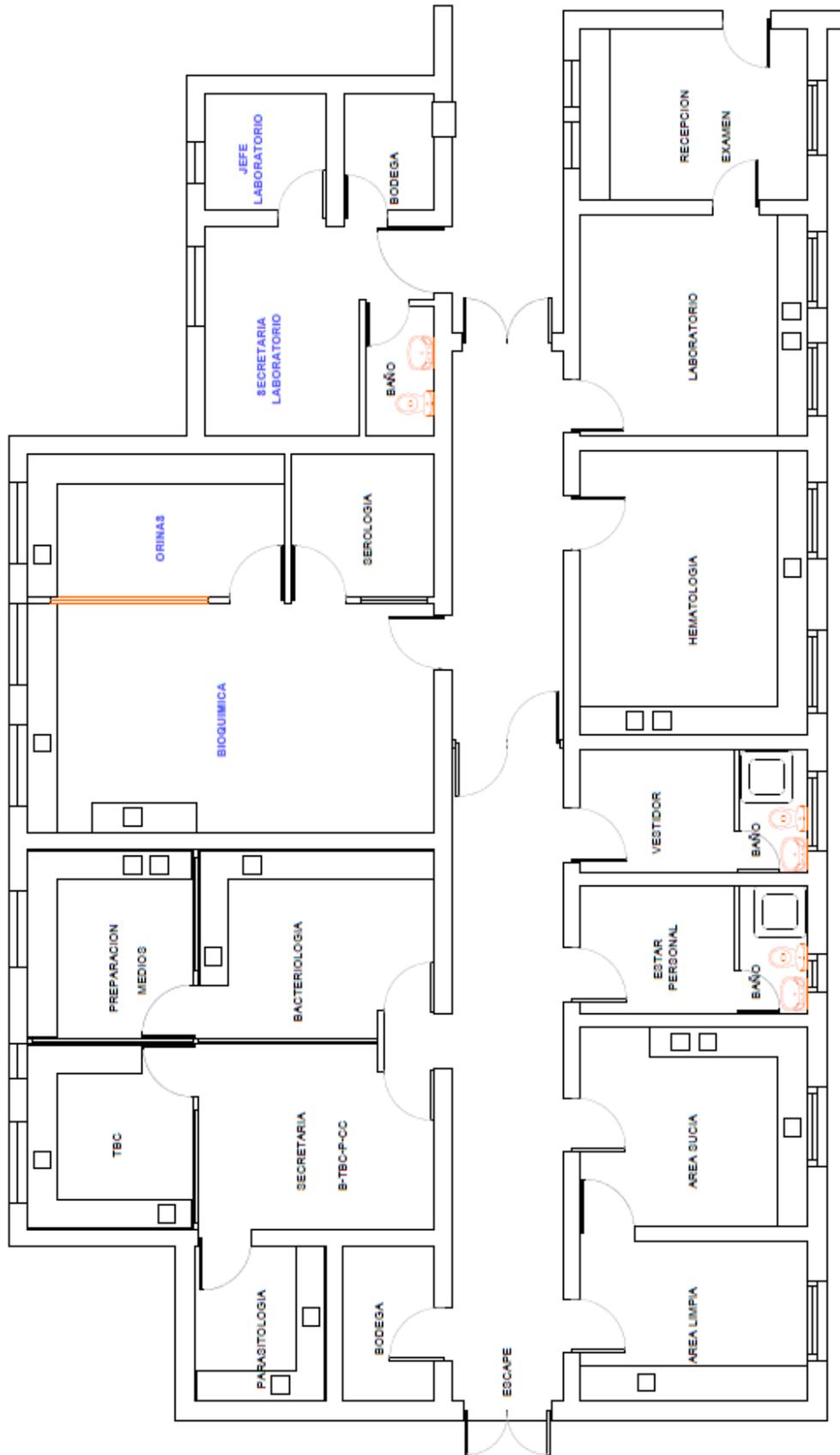
APENDICE II PLANOS HSC.

IMAGENOLOGIA



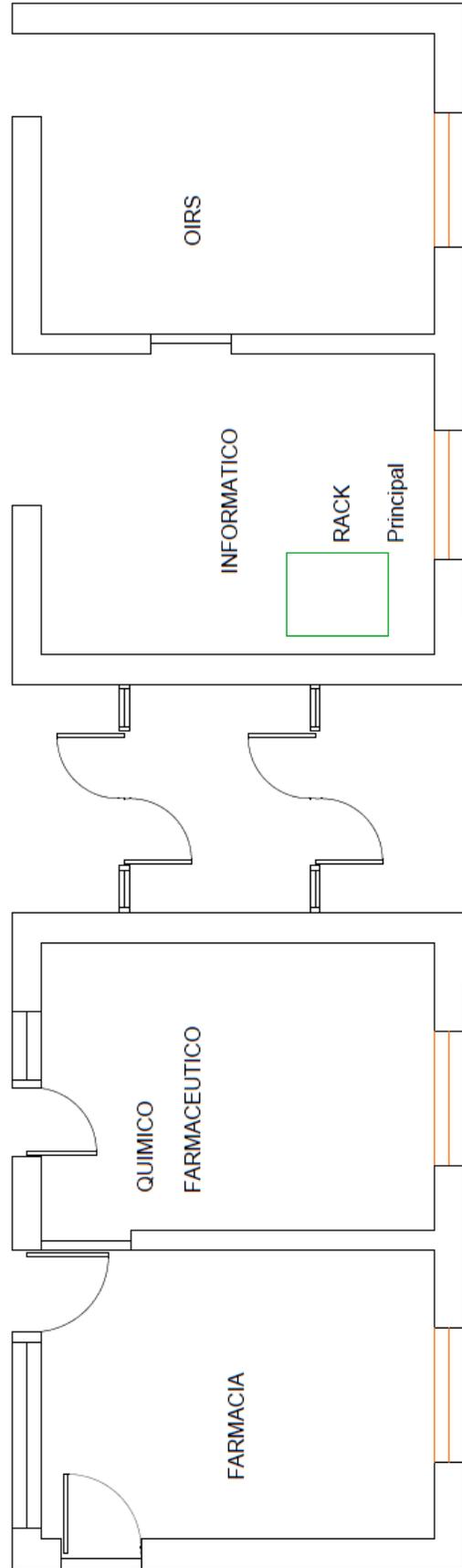
APENDICE II PLANOS HSC.

LABORATORIO



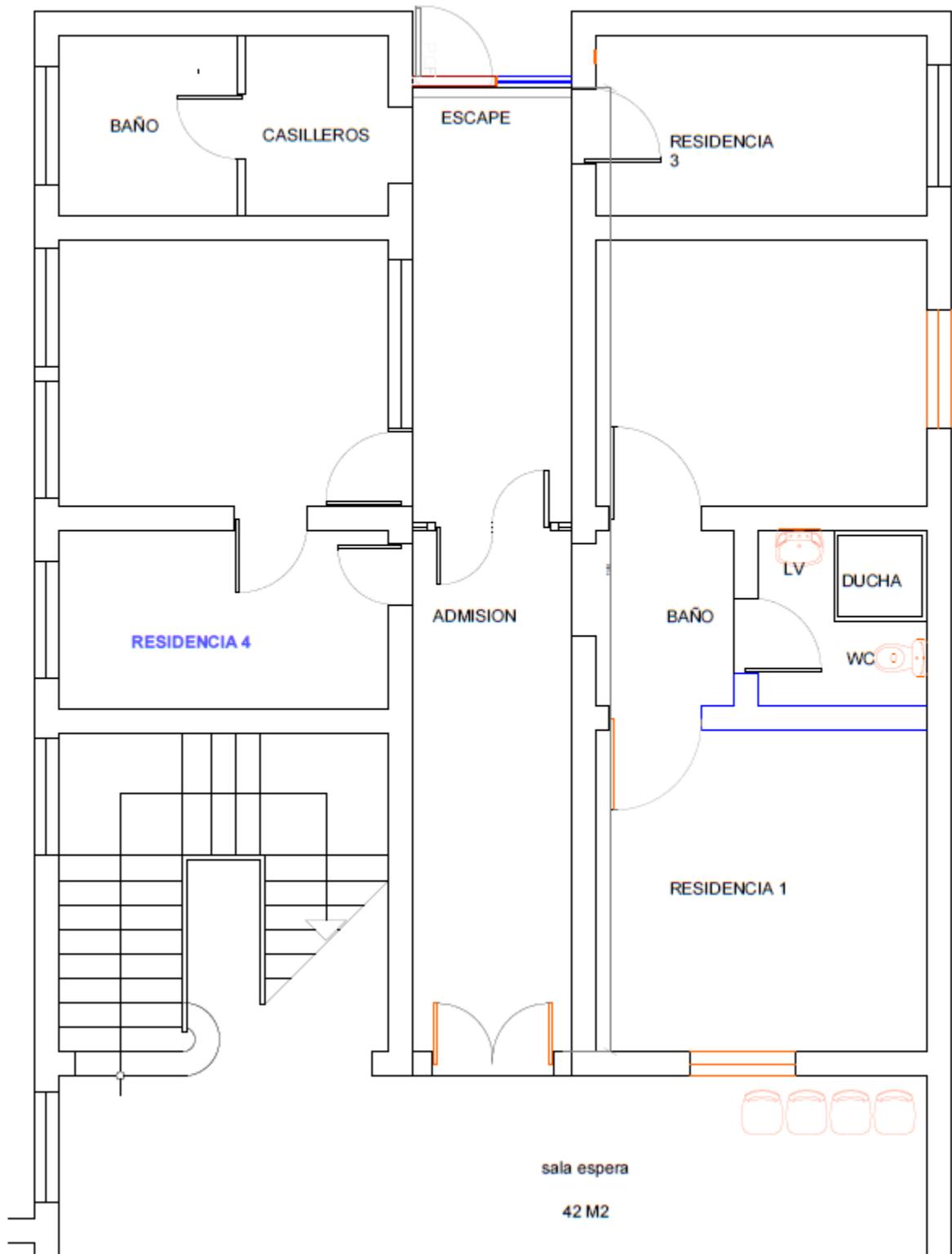
APENDICE II PLANOS HSC.

RECEPCION



APENDICE II PLANOS HSC.

RESIDENCIAS



APENDICE III DATOS GENERALES DE LUMINARIAS.

APENDICE III
DATOS GENERALES DE LUMINARIAS.