

**DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE COMO CRITERIO PARA ESCOGER LAS
ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS A UTILIZAR EN EL EDIFICIO ROBERTO
SERPA DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UIS**

**MARCO ANDRÉS JAIMES VILLAMIZAR
CAMILO ANDRÉS ROJAS RUEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELETRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2015

**DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE COMO CRITERIO PARA ESCOGER LAS
ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS A UTILIZAR EN EL EDIFICIO ROBERTO
SERPA DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UIS**

**MARCO ANDRÉS JAIMES VILLAMIZAR
CAMILO ANDRÉS ROJAS RUEDA**

**Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Electricista**

Director:

MIE. MANUEL JOSÉ ORTIZ RANGEL

Codirector:

Dr. GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELETRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

Este proyecto de grado va dedicado a:

Mi Papá Oswaldo Rojas que me brindo todo el apoyo y consejos en toda mi vida siendo un ejemplo a seguir

Mi Mamá María del Rosario Rueda por su amor de madre y enseñanzas para mi crecimiento personal

Mi hermano Diego Rojas que me motivaba a seguir adelante a pesar de las caídas y fracasos que se me presentan en el camino

Mis Abuelos Ciro y Chava que me brindaron amor puro en todo momento

Los Profesores de la escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones por trasmitirme todo su conocimiento

Todas las amistades hechas en la Universidad Industrial de Santander que me dieron momentos alegres en mi carrera universitaria.

Camilo Andrés Rojas Rueda

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado, culminado con mucho esfuerzo:
A mis padres que me asistieron ante cualquier circunstancia brindándome su comprensión y cariño incondicional para no desfallecer en el cumplimiento de mis ocupaciones como estudiante.

A mi hermano que siempre me ayudo y colaboro en todos los momentos en que de una u otra manera necesite.

A cada uno de los profesores de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, los cuales compartieron su conocimiento y ética para poder ser un profesional incluyente.

A mi amigo profesor Manuel José Ortiz por brindarme su orientación y confianza para lograr esta meta.

A todas y cada una de las personas con las que tuve la oportunidad de compartir en mi vida universitaria, las cuales contribuyeron a que lograra esta meta que me propuse en la vida.

Marco Andrés Jaimes

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. JUSTIFICACIÓN	24
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
3. OBJETIVOS	26
3.1 OBJETIVOS GENERAL	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4. ALCANCES	27
5. MARCO REGLAMENTARIO	28
5.1 REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)	28
5.2 REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO (REILAP)	28
5.3 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC - 2050)	29
6. RECONOCIMIENTO DE LOS AMBIENTES ADMINISTRATIVOS Y DE APRENDIZAJE DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ESPACIOS REPOTENCIADOS.	30
6.1 RECOPIACIÓN DE PLANOS E INFORMACIÓN REFERENTE AL PROCESO DE LICITACIÓN DEL EDIFICIO	30
6.2 RECONOCIMIENTO DE AMBIENTES ARQUITECTONICOS	31
6.3 IDENTIFICACIÓN DE CARGAS SIGNIFICATIVAS Y SENSIBLES	35
6.3.1 Aires acondicionados	36
6.3.2 Circuitos de fuerza	37
6.3.3 Iluminación	43
6.3.4 Uninterrupted Power Supply (UPS)	47
6.3.5 Definición de la IEEE 1159 [1995] R 2001	49
7. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE QUE SE	

PUEDAN INVOLUCRAR EN LAS REFORMAS EFECTUDAS EN EL EDIFICIO ROBERTO SERPA DE LA FACULTAD DE SALUD	51
7.1 SEGMENTACIÓN DE CIRCUITOS	51
7.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE VANGUARDIA BAJO EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE	54
7.2.1 Tubos solares	54
7.2.2 Persianas	55
7.2.3 Transparencia del vidrio	57
7.2.4 Diseño de sistema de generación eólico	57
7.2.5 Diseño de sistema de generación fotovoltaico – eólico	57
7.2.6 Uso racional del agua	58
7.2.7 Cubierta verde	58
7.2.8 Ventanales	60
7.2.9 Pintura reflectante de calor	60
7.2.10 Pozos canadienses	60
7.2.11 Sistema foto-voltaico	61
7.2.12 Sensores de movimiento	62
7.2.13 Tarjeta inteligente	63
7.2.14 Tecnología LED	64
7.3 VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE TUBOS SOLARES EN EL EDIFICIO ROBERTO SERPA	65
8. CONSULTA DE COSTOS DE LOS EQUIPOS DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS QUE TENGAN VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN BAJO EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE	71
8.1 COSTOS DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS	71
8.1.1 Iluminación	71
8.1.2 Complemento ventanales	73
8.1.3 Climatización	73
8.1.4 Generación alternativa	74
8.1.5 Monitorización	75

8.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE COSTOS	76
9. CUANTIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA BAJO LOS CRITERIOS DEL DISEÑO EFICIENTE EN EL EDIFICIO ROBERTO SERPA DE LA FACULTAD DE SALUD	79
9.1 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA	79
9.2 CUANTIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA	88
9.3 OBSERVACIONES	89
9.3.1 Generales	89
9.3.2 Conductores	90
9.3.3 Selección de equipos	90
9.3.4 Transformadores de potencia	92
9.3.5 Motores eléctricos	92
9.3.6 Sistemas de iluminación y control de iluminación	92
9.3.7 Climatización	96
9.3.8 Sistema de gestión y control integrador de edificaciones	97
9.3.9 Calidad de la energía	98
9.3.10 RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos)	99
9.3.11 Energía renovables	99
9.4 OBSERVACIONES DEL USO DE LA HERRAMIENTA	100
9.5 SOLUCIONES DE INGENIERÍA	100
10. CONCLUSIONES	103
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS	106
BIBLIOGRAFIA	111

TABLA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Carga del Transformador	48
Ilustración 2. Tubos Solares E3T	55
Ilustración 3. Persianas del Complejo de la E3T	56
Ilustración 4. Cubierta Verde del Complejo de la E3T	59
Ilustración 5. Pozos Canadienses	61
Ilustración 6. Sistema Fotovoltaico	62
Ilustración 7. Sensores de Movimiento E3T	63
Ilustración 8. Tarjeta Inteligente E3T	64
Ilustración 9. Tubos LED.	65
Ilustración 10. Ubicación Tubos Solares	66
Ilustración 11. Solatube Master 330DS C.	67
Ilustración 12. Monitorización Roberto Serpa	70
Ilustración 13. Resultado Herramienta	88

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distribución Primer Piso	31
Tabla 2. Distribución Segundo Piso	32
Tabla 3. Distribución Tercer Piso	32
Tabla 4. Distribución Cuarto Piso	33
Tabla 5. Distribución Quinto Piso	33
Tabla 6. Cuadro De Carga Aires Acondicionados	37
Tabla 7. Tomacorrientes Primer Piso	38
Tabla 8. Tomacorrientes Segundo Piso	39
Tabla 9. Tomacorrientes Tercer Piso	39
Tabla 10. Tomacorrientes Cuarto Piso	40
Tabla 11. Tomacorrientes Quinto Piso	40
Tabla 12. Iluminación Primer Piso	43
Tabla 13. Iluminación Segundo Piso	44
Tabla 14. Iluminación Tercer Piso	44
Tabla 15. Iluminación Cuarto Piso	45
Tabla 16. Iluminación Quinto Piso	45
Tabla 17. Total Carga en el Edificio Roberto Serpa	48
Tabla 18. Parámetros de Calidad de Energía	49
Tabla 19. Segmentación de Circuitos Ramales	52
Tabla 20. Segmentación de Circuitos Ramales	53
Tabla 21. Ventajas y desventajas de Tubos Solares	68
Tabla 22. Costos de Tubos Solares	71
Tabla 23. Costos de Implementación de Tecnología LED.	72
Tabla 24. Costos de Implementación de Complemento Ventanales	73
Tabla 25. Costos de Implementación de Persianas Exteriores	73
Tabla 26. Costos de Implementación de Aislante Térmico	74
Tabla 27. Costos Cubierta Verde	74
Tabla 28. Costos de Generación Alternativa	75

Tabla 29. Costos de Monitorización por Piso	75
Tabla 30. Costos de Monitorización por Circuito Ramal	75
Tabla 31. Costos de Monitorización por Transformador	75
Tabla 32. Costos de Monitorización por Piso	76
Tabla 33. Costos de Monitorización por Circuito Ramal	76
Tabla 34. Costos de Monitorización por Equipo	76
Tabla 35. Contraste de Costos de Alternativas Tecnológicas de iluminación	77
Tabla 36. Contraste de Costos de Alternativas Tecnológicas de Climatización	77
Tabla 37. Contraste de Costos de Alternativas Tecnológicas de Generación	77
Tabla 38. Soluciones de Ingeniería	101

RESUMEN

TITULO: DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE COMO CRITERIO PARA ESCOGER LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS A UTILIZAR EN EL EDIFICIO ROBERTO SERPA DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UIS*

AUTORES: CAMILO ANDRÉS ROJAS RUEDA**
MARCO ANDRÉS JAIMES VILLAMIZAR

PALABRAS CLAVES: Diseño, carga sensible, carga significativa, luminaria, eficiencia energética.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo de grado plantea la aplicación del diseño eléctrico eficiente para escoger las alternativas tecnológicas a utilizar en el edificio Roberto Serpa de la facultad de salud de la UIS. El propósito del proyecto es la viabilidad de utilizar diferentes alternativas tecnológicas en las reformas efectuadas en la edificación, las cuales brindarían un ahorro energético que se verá reflejado en el costo de sostenimiento de la UIS y se basan en políticas de diseño eléctrico eficiente.

Actualmente el edificio Roberto Serpa de la Facultad de Salud de la UIS se encuentra en el proceso final de repotenciación. La Facultad de salud modificó los aspectos de operación que se habían acordado en las condiciones finales del proyecto, siendo necesario realizar nuevamente la caracterización de las cargas sensibles y significativas proyectadas a instalar en la edificación.

La aplicación de la herramienta del trabajo grado "Estudio Basado en el Diseño Eléctrico eficiente de la Energía para el Establecimiento de los Componentes Técnicos del Diseño de Proyectos Eléctricos Nuevos y Repotenciados de la UIS" calificará al edificio Roberto Serpa de la Facultad de Salud como una edificación sostenible y de ahorro energético. El resultado final del proyecto es escoger las alternativas tecnológicas que tengan viabilidad de implementación en la edificación desde el punto de vista financiero y bajo parámetros de diseño eléctrico eficiente.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: MIE. Manuel José Ortiz Rangel, Codirector: Dr. Gabriel Ordóñez Plata

ABSTRACT

TITLE: EFFICIENT ELECTRICAL DESIGN AS CRITERION FOR CHOOSING THE ALTERNATIVE TECHNOLOGY USED IN BUILDING ROBERTO SERPA OF THE FACULTY OF HEALTH OF THE UIS *

AUTHOR: CAMILO ANDRÉS ROJAS RUEDA
MARCO ANDRÉS JAIMES VILLAMIZAR **

KEYWORDS: Design, sensitive charge, significant charge, luminary, energetic efficiency.

DESCRIPTION:

This job grade presents the implementation of efficient electrical design to choose the technology alternatives to use in the Roberto Serpa building of faculty health of UIS. The purpose of the project is the feasibility of using different technological alternatives in the reforms in the building, which were to provide energy savings will be reflected in the cost of sustaining at the UIS and are based on efficient electrical design policies.

Currently the Roberto Serpa building of the Faculty of Health of the UIS is in the final process of upgrading. The Faculty of Health changed aspects of operation that were agreed on the final terms of the project, being necessary to the characterization of sensitive and significant charges projected to be installed in the building again.

The application of the work degree tool “study based on the efficient electric power design for the establishment of technical components design of new power projects and reforms of UIS”the quality of Roberto Serpa building of the faculty of health as a sustainable and energy-saving building. The final result of the project is to choose the technological alternatives that are viable implementation in the building from a financial point of view and under efficient electrical design parameters.

* Degree work

** Faculty of Physics and Mechanics Engineering, School of Electrical and Eletronic Engineering and Telecommunications. Director: MIE . José Manuel Ortiz Rangel , Co-Director : Dr. Gabriel Ordóñez Plata

GLOSARIO

ALTERNATIVA TECNOLÓGICA. Fuente capaz de sustituir los estereotipos ya establecidos por tecnologías de vanguardia de uso no convencional dando ventajas y desventajas que dependen del criterio de implementación y operación; obteniendo un lugar sostenible y rentable [20].

AMBIENTE ADMINISTRATIVO. Lugar donde se realizan el conjunto de diligencias, manejos de recursos y organización de la productividad y operación de una empresa u organización. Tiene la finalidad de brindar seguridad a la operación y sostenimiento a la empresa, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas del entorno [17].

AMBIENTE DE APRENDIZAJE. Lugar en el cual se establece una relación de comunicación, interacción y colaboración entre maestro con los estudiantes; se debe garantizar una buena iluminación, ventilación y mobiliaria que brinde comodidad para estimular al estudiante a un entorno armonioso al conocimiento [16].

CALIDAD DE LA ENERGÍA. Conjunto de características de la energía eléctrica en un punto dado de un sistema de potencia en un momento determinado, que permiten satisfacer las necesidades requeridas por el usuario de la electricidad. Estas características son evaluadas con respecto a un conjunto de parámetros técnicos de referencia [15].

CARGAS SENSIBLES. Son aquellas que requieren de un suministro de alta calidad, esto es, libre de variaciones de tensión o frecuencia. Los equipos electrónicos son más susceptibles a estos disturbios, que los equipos electromecánicos tradicionales. Ejemplos de este tipo de cargas son: Equipos

de instrumentación, de diagnóstico y tratamientos médicos, computadoras, domótica, herramientas con controles automáticos, robótica, telecomunicaciones etc. [19].

CARGAS SIGNIFICATIVAS. Son las cargas de mayor consumo de potencia y deben estar previamente identificadas en el diseño de una instalación eléctrica. Como ejemplos estarán los aires acondicionados, motores eléctricos, bomba contra incendios, tableros de carga para la monitorización de cargas significativas etc. [19].

CIRCUITO ELÉCTRICO. Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobre corrientes. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos [10].

DEPRECIACIÓN LUMÍNICA. Disminución progresiva de la luminosidad durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa [7].

DESLUMBRAMIENTO. Efecto producido por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados, causando molestia, incomodidad o pérdida de la capacidad visual. La magnitud de la sensación del deslumbramiento depende de factores como el tamaño, posición y la luminancia de la fuente [7].

EFICIENCIA ENERGÉTICA. Producción de los mismos volúmenes de productos o servicios utilizando los menores insumos posibles. La eficiencia en el uso de la energía, paso vital para la reducción de los costos de producción de la mayor parte de las empresas, puede ser lograda por la vía costosa y de fácil implementación o la vía de baja inversión y lenta de lograr [22].

ENERGÍA ELÉCTRICA. Energía resultante del movimiento de átomos. El producto de la potencia eléctrica por el tiempo durante el cual se realiza su consumo da como resultado la energía eléctrica [13].

ETIQUETA ENÉRGICA. Proporciona la calificación de eficiencia de los equipos eléctricos .La escala va desde la letra A (más eficiente energéticamente) a la letra G (menos eficiente energéticamente), además contiene información sobre el consumo de energía anual (kWh/año y kWh/m²) y sobre el consumo de CO₂ Anual (kgCO₂/año y kgCO₂/m²) [8].

FLUJO LUMINOSO. Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo, su unidad es el lumen [7].

ILUMINACIÓN. Efecto de iluminar diferente a la densidad de flujo luminoso proyectado sobre una superficie [7].

INMÓTICA. Inmótica o automatización es la incorporación al equipamiento de edificios de uso terciario o industrial (oficinas, edificios corporativos, hoteleros, empresariales y similares), de sistemas de gestión técnica automatizada de las instalaciones, con el objetivo de reducir el consumo de energía, aumentar el confort y la seguridad de los mismos [9].

INSTALACIÓN ELÉCTRICA. Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados previstos para un fin particular: generación, transmisión, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica [10].

JERARQUIA. La jerarquía es una forma de organización en la cual se asigna prioridad a elementos de un mismo sistema que pueden ser indistintamente personas, animales o cosas. La prioridad se asigna de acuerdo a diferentes criterios como: clase, poder, oficio, autoridad, categoría o

cualquier otro tipo; esto implica que cada elemento estará subordinado al que tenga por encima suyo, con la excepción de aquel que ocupe el primer lugar en la jerarquía [14].

LUMEN (lm). Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI) [7].

LUMINANCIA (L). Es la relación que existe en un punto de una superficie de la intensidad luminosa en dirección del elemento que la produce y el área de proyección ortogonal del elemento sobre un plano perpendicular en la dirección dada, su unidad es la candela por metro cuadrado (Cd/m^2) [7].

LUMINARIA. Equipo de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas, incluyendo su soporte y protección [7].

MONITORIZACIÓN. Es la acción y efecto de monitorear un proceso o proyecto a través de un monitor, esta supervisión permite determinar si se está haciendo bien o no el proceso y además los cambios que surgen al hacer cualquier modificación o implementación dentro del proceso [23].

NIVEL DE ILUMINACIÓN. Se define como el flujo luminoso que incide sobre una superficie, su unidad de medida es el Lux [8].

REPOTENCIACIÓN DE ESTRUCTURAS. La repotenciación está dirigida a incrementar la capacidad de carga y estado de servicio de una estructura existente, para cubrir nuevas solicitudes de carga ya sean por errores en el diseño o inadecuada mano de obra en la etapa de construcción devolviéndole su funcionalidad [18].

SEGMENTACIÓN DE CIRCUITOS. Es la conexión entre los equipos de servicio y las cargas o equipos de utilización, parten desde los tableros de distribución y transportan la energía eléctrica hasta los puntos de utilización. Se clasifican en circuitos de alumbrado, tomacorrientes e individuales [21].

TUBO SOLAR. Un tubo solar es un sistema de iluminación natural que capta la luz del sol mediante cúpulas situadas en la cubierta de los edificios y la transporta varios metros hacia el interior utilizando un conducto altamente reflectante. Esto permite iluminar espacios oscuros o sin ventanas incluso cuando no estén directamente bajo la cubierta [12].

USO EFICIENTE DE ENERGÍA. Utilización de la energía de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normativa vigente sobre el medio ambiente y los recursos naturales renovables [11].

USO RACIONAL DE LA ENERGÍA (URE). Aprovechamiento de la energía en todos y cada uno de los puntos de la cadena energética, desde la selección de la fuente de energía hasta el destino final para su consumo bajo criterios de desarrollo sostenible [11].

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el hombre explota de forma indiscriminada los recursos naturales para satisfacer sus necesidades de productos masivos de consumo y energía, trayendo como consecuencia el agotamiento de la riqueza natural y el deterioro del medio ambiente, este último es vital para la supervivencia de las especies.

Según la IEA¹ el aumento de la demanda mundial de electricidad podrá subir más del 70% entre los años 2010 y 2035, el aumento anual será del 2,2% y se deberá al consumo de las economías emergentes. La capacidad de generación mundial deberá aumentarse en tres cuartos desde 5,429 GW en 2011 a 9,340 GW para el 2035 logrando suplir la demanda de energía. El gas y la energía eólica representan casi el 50% de esta expansión, el carbón y la energía hidroeléctrica un 15% de cada una. La capacidad de energía solar duplicara la energía nuclear, provocando un menor uso de esta última [1].

Las proyecciones estadísticas realizadas por la IEA reflejan que la demanda de energía eléctrica crece vertiginosamente, debido al aumento y a las necesidades de la población mundial, por ello se debe buscar la manera de utilizar fuentes de energía no convencionales que no destruyan el medio ambiente y suplan esta demanda. Las energías no convencionales que van a tomar más relevancia por su costo de implementación y condiciones para su operación son la energía eólica y solar.

El uso eficiente de energía no solo se refiere a la energía eléctrica también abarca todas las formas de energía derivadas de los recursos naturales como

¹ IEA: Agencia Internacional de la Energía es una organización internacional, creada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que busca coordinar las políticas energéticas de sus Estados miembros, con la finalidad de asegurar energía confiable, adquirible y limpia a sus respectivos habitantes.

el gas natural, combustibles líquidos, carbón etc. El diseño eficiente plantea la maximización de los recursos con base en políticas de uso y explotación que garanticen el ahorro energético y sostenimiento del medio ambiente [2].

El enfoque de diseño eficiente en la perspectiva del sistema eléctrico contempla diversas medidas u opciones que van desde hábitos de consumo eléctrico hasta la utilización de equipos con etiquetas verdes, sistemas automatizados, redes inteligentes y fuentes de energía no convencionales. Estas medidas deben estar ligadas con los aspectos económico, social, químico, de infraestructura entre otros con el fin de garantizar un desarrollo sostenible en todos los aspectos.

En diferentes países del mundo se ha venido aplicando el diseño eficiente por el cambio en las diferentes políticas energéticas que se venían utilizando anteriormente, estas causaban un desaprovechamiento de los recursos naturales y el deterioro del medio ambiente.

La República Popular China es el país pionero en utilizar fuentes de energía no convencionales; lo cual le ha otorgado un reconocimiento en ser líder mundial en la producción de energía renovable. China tiene una capacidad instalada de 152 [GW], el 17% de la capacidad corresponde a energía eólica y un 13% a energía solar. Alemania es líder mundial en energía eólica con una capacidad instalada de 33730 [MW] a inicios del 2014, esta representa un tercio de la energía eólica del mundo y es igual a toda la energía convencional generada en argentina [3] [4].

Como ejemplo de energía no convencional en Colombia se localiza en la región nororiental de la Costa Atlántica, entre las localidades del Cabo de la Vela y Puerto Bolívar, en el municipio de Uribía un parque eólico con una capacidad instalada de 19,5 MW [5].

La UIS² como institución de formación de profesionales en diversas áreas del conocimiento, debe ser ejemplo de contribución y cuidado con el medio ambiente. Por ello para proyectos nuevos y de repotenciación de edificios del alma mater se deben incluir parámetros o políticas basadas en el diseño eficiente.

² UIS: La Universidad Industrial de Santander es una organización que tiene como propósito la formación de personas de alta calidad ética, política y profesional; la generación y adecuación de conocimientos; la conservación y reinterpretación de la cultura y la participación activa liderando procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad.

1. JUSTIFICACIÓN

La falta de voluntad política de algunas naciones con respecto al uso y planificación de la explotación de los recursos naturales ha causado que la humanidad se vea afectada en el aspecto social, político, económico, demográfico y de la calidad de vida.

Actualmente la legislación colombiana en la resolución 097 – SI3EA³ fomenta el diseño eficiente y la utilización de fuentes de energía no convencionales como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, asegurando el abastecimiento energético pleno y oportuno que garantiza la competitividad de la economía colombiana y la protección al consumidor.

La UIS consciente de las problemáticas energéticas que rodean su entorno y como entidad educadora guía a sus estudiantes al enfoque de diseño eficiente, con el fin de contribuir al aprovechamiento máximo de los recursos naturales buscando ser un ejemplo de institución sostenible y ahorradora de servicios en el departamento de Santander.

El presente trabajo de grado plantea la aplicación del diseño eléctrico eficiente para escoger las alternativas tecnológicas a utilizar en el edificio Roberto Serpa de la facultad de salud de la UIS. El propósito del proyecto es la viabilidad de utilizar diferentes alternativas tecnológicas en las reformas efectuadas en la edificación, las cuales brindaran un ahorro energético que se verá reflejado en el costo de sostenimiento de la UIS y se basan en políticas de diseño eléctrico eficiente [6].

³ SI3EA: Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas desarrollado por el UPME con el objeto de poner a disposición a los agentes del sector tanto públicos como privados información actualizada en los temas de eficiencia energética y fuentes no convencionales de energía.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el edificio Roberto Serpa de la Facultad de Salud de la UIS se encuentra en el proceso final de repotenciación. La Facultad de salud modificó los aspectos de operación que se habían acordado en las condiciones finales del proyecto, siendo necesario realizar nuevamente la caracterización de las cargas sensibles y significativas proyectadas a instalar en la edificación. Se efectuara un diagnóstico para la evaluación y definición de los componentes del sistema eléctrico, los resultados obtenidos determinaran la operación del edificio y precisará las políticas de diseño eléctrico eficiente a emplear, dando como resultado un edificio sostenible.

Para la aplicación del diseño eléctrico eficiente es recomendable un estudio para la viabilidad de implementación de alternativas tecnológicas como los tubos solares, cubiertas verdes, sensores de presencia, persianas, tarjetas inteligentes, pozos canadienses, pintura reflectante, sistema de ahorro de agua y sistema fotovoltaico. Se evaluará si la instalación de estas tecnologías cumple todas las necesidades de operación de los espacios donde serán implementadas.

La aplicación de la herramienta del trabajo grado "Estudio Basado en el Diseño Eléctrico eficiente de la Energía para el Establecimiento de los Componentes Técnicos del Diseño de Proyectos Eléctricos Nuevos y Repotenciados de la UIS" calificará al edificio Roberto Serpa de la Facultad de Salud como una edificación sostenible y de ahorro energético. El resultado final del proyecto es escoger las alternativas tecnológicas que tengan viabilidad de implementación en la edificación desde el punto de vista financiero y bajo parámetros de diseño eléctrico eficiente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERAL

Aplicar el diseño eléctrico eficiente para escoger las alternativas tecnológicas a emplear en las reformas efectuadas en el edificio Roberto Serpa de la Facultad de Salud.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer los ambientes administrativos y de aprendizaje de acuerdo con la distribución de los espacios repotenciados.
- Definir las alternativas tecnológicas desde el punto de vista del diseño eléctrico eficiente que se puedan involucrar en las reformas efectuadas en el edificio Roberto Serpa de la Facultad de Salud.
- Consultar el costo de los equipos de las alternativas tecnológicas que tengan viabilidad de implementación bajo el diseño eléctrico eficiente.
- Cuantificar la aplicación de la herramienta bajo los criterios de diseño eléctrico eficiente en el edificio Roberto Serpa de la Facultad de Salud.

4. ALCANCES

- Reconocimiento de los ambientes administrativos y de aprendizaje existentes en el edificio, involucrando la confrontación de los planos suministrados por el interventor de la obra. Se identificarán las cargas sensibles y significativas a instalar en cada uno de los espacios arquitectónicos.
- Definición de las alternativas tecnológicas que se puedan involucrar a las reformas efectuadas, incluyendo los criterios para la segmentación de circuitos y la estimación de ahorro en el uso de tubos solares. Adicionalmente se incluye la definición de criterios para la monitorización de equipos.
- Contraste del costo de las diferentes alternativas tecnológicas viables a implementar en el edificio Roberto Serpa.
- Evaluación del sistema eléctrico del edificio Roberto Serpa bajo el enfoque de diseño eficiente, brindando información sobre el cumplimiento o no de los parámetros de la herramienta de aplicación en la edificación. Se proporcionará soluciones de ingeniería para el diagnóstico del sistema.

5. MARCO REGLAMENTARIO

5.1 REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)

La dependencia y el aumento progresivo del consumo de la electricidad en la vida actual, obliga a establecer unas exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad de las personas con base en el buen funcionamiento de las instalaciones, productos, compatibilidad de los equipos y su adecuada utilización y mantenimiento. En este reglamento técnico se han reunido los preceptos esenciales de las normas técnicas definiendo el ámbito de aplicación, requisitos y las características básicas de las instalaciones eléctricas, con especial enfoque en los problemas de inseguridad de estos últimos y los aspectos que se refieren a la intervención del gobierno en caso de infracciones y al procedimiento pertinente. Este reglamento es de obligatorio cumplimiento [10].

5.2 REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO (RETILAP)

Este reglamento técnico tiene por objeto fundamental establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, garantizando los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación [7].

5.3 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC - 2050)

La Norma Técnica Colombiana NTC 2050, basada en el National Electrical Code (NEC) es un instructivo fundamental para el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas para los profesionales que se desempeñan en esta área. El objetivo de esta norma es la protección de las personas y de los bienes materiales frente a cualquier riesgo que pueda surgir por el uso de la electricidad [24].

6. RECONOCIMIENTO DE LOS AMBIENTES ADMINISTRATIVOS Y DE APRENDIZAJE DE ACUERDO CON LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ESPACIOS REPOTENCIADOS.

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico se planteó una metodología basada en las siguientes etapas:

- Recopilación de la información de los diseños eléctricos y de comunicaciones del edificio que ha sido objeto de reforzamiento estructural.
- Reconocimiento de los ambientes administrativos y de aprendizaje del edificio, involucra la confrontación de los planos suministrados por la Facultad de Salud. Para dar cumplimiento a esta etapa se solicitó de manera formal la información técnica a la Interventoría del proyecto (equipos instalados, planos de diseño, planos asbuilt).
- Consulta con la Facultad de Salud sobre los equipos que serán instalados en el laboratorio de simulación. Esta información se requiere para identificar las cargas sensibles que serán conectadas al nuevo sistema eléctrico del edificio.

La información detallada de planos, cálculos y catálogos de equipos está disponible en el medio magnético con nombre de anexos digitales [35].

6.1 RECOPIACIÓN DE PLANOS E INFORMACIÓN REFERENTE AL PROCESO DE LICITACIÓN DEL EDIFICIO

De la página web de la UIS se descargó en formato digital la información correspondiente a los términos de referencia, planos de diseño y las especificaciones técnicas para la repotenciación del edificio Roberto Serpa de la Facultad de Salud. Adicionalmente se obtuvo la información referente a la repotenciación de la subestación eléctrica del edificio; definiendo la proyección

de la carga a instalar en el transformador teniendo en cuenta los factores de utilización y simultaneidad.

Se solicitó de manera formal al interventor de la obra los planos asbuilt y las especificaciones de luminarias, aires acondicionados y equipos especiales a instalar en el edificio Roberto Serpa para contrastarla con la información expuesta en las condiciones finales del Proyecto de repotenciación.

6.2 RECONOCIMIENTO DE AMBIENTES ARQUITECTONICOS

De acuerdo con los planos arquitectónicos y la definición de los ambientes administrativos y de aprendizaje postulados en el glosario de términos, se reconocieron cada uno de los espacios arquitectónicos por piso que conforman el edificio Roberto Serpa.

En las siguientes tablas se presenta la distribución de los espacios arquitectónicos por área y piso de la edificación (Ver tablas nº1, 2, 3, 4 y 5):

Tabla 1. Distribución Primer Piso

PRIMER PISO		
UBICACIÓN	AMBIENTE	ÁREA [m ²]
Sala de Informática 1	Aprendizaje	53,45
Sala de Informática 2	Aprendizaje	51,20
Sala de Informática 3	Aprendizaje	49,86
Sala de Informática 4	Aprendizaje	51,15
Aula 5	Aprendizaje	53,12
Sala de Informática 6	Aprendizaje	50,94
Sala de Informática 7	Aprendizaje	48,19
Baño Mujeres	Administrativo	24,46
Baño Hombres	Administrativo	23,68
Cuarto Técnico 1	Administrativo	13,30
Cuarto Técnico 2	Administrativo	12,05
Pasillos y Áreas Comunes	Administrativo	247,42

Tabla 2. Distribución Segundo Piso

SEGUNDO PISO		
UBICACIÓN	AMBIENTE	ÁREA [m²]
Aula 8	Aprendizaje	53,08
Aula 9	Aprendizaje	55,21
Aula 10	Aprendizaje	56,12
Aula 11	Aprendizaje	57,80
Aula 12	Aprendizaje	58,32
Aula 13	Aprendizaje	56,26
Aula 14	Aprendizaje	56,01
Aula 15	Aprendizaje	58,72
Cuarto Técnico 1	Administrativo	13,63
Cuarto Técnico 2	Administrativo	14,40
Pasillos y Áreas Comunes	Administrativo	216,84

Tabla 3. Distribución Tercer Piso

TERCER PISO		
UBICACIÓN	AMBIENTE	ÁREA [m²]
Aula 16	Aprendizaje	53,14
Aula 17	Aprendizaje	51,74
Aula 18	Aprendizaje	51,57
Aula 19	Aprendizaje	53,81
Aula 20	Aprendizaje	49,23
Aula 21	Aprendizaje	51,61
Aula 22	Aprendizaje	52,82
Sala de Juntas	Administrativo	14,62
Sala de Informática Flexible	Aprendizaje	10,79
Aula con Video Beam	Aprendizaje	13,00
Recepción	Administrativo	13,57
Cuarto Técnico 1	Administrativo	13,00
Cuarto Técnico 2	Administrativo	13,02
Pasillos y Áreas Comunes	Administrativo	216,84

Tabla 4. Distribución Cuarto Piso

CUARTO PISO		
UBICACIÓN	AMBIENTE	ÁREA [m²]
Aula 23	Aprendizaje	53,65
Aula 24	Aprendizaje	48,50
Aula 25	Aprendizaje	50,74
Aula 26	Aprendizaje	57,22
Aula 27	Aprendizaje	46,84
Aula 28	Aprendizaje	53,43
Aula 29	Aprendizaje	57,03
Aula 30	Aprendizaje	49,42
Centro de Estudios de Bacteriología	Aprendizaje	17,57
Cuarto Técnico 1	Administrativo	13,30
Cuarto Técnico 2	Administrativo	12,05
Baño Hombres	Administrativo	4,66
Baño Mujeres	Administrativo	14,46
Pasillos y Áreas Comunes	Administrativo	199,26

Tabla 5. Distribución Quinto Piso

QUINTO PISO		
UBICACIÓN	AMBIENTE	ÁREA [m²]
Cubículo 1	Aprendizaje	6,69
Cubículo 2	Aprendizaje	6,90
Cubículo 3	Aprendizaje	10,71
Cubículo 4	Aprendizaje	6,97
Cubículo 5	Aprendizaje	7,16
Cubículo 6	Aprendizaje	6,54
Cubículo 7	Aprendizaje	8,45
Cubículo 8	Aprendizaje	9,57
Cubículo 9	Aprendizaje	6,66
Cubículo 10	Aprendizaje	7,81
Cubículo 11	Aprendizaje	6,09
Cubículo 12	Aprendizaje	6,69
Cubículo 13	Aprendizaje	10,46

Tabla 6. Distribución Quinto Piso (Continuación)

QUINTO PISO		
Cubículo 14	Aprendizaje	8,69
Cubículo 15	Aprendizaje	7,26
Cubículo 16	Aprendizaje	6,66
Cubículo 17	Aprendizaje	6,66
Cubículo 18	Aprendizaje	7,84
Baño Hombres 1	Administrativo	2,53
Baño Mujeres 1	Administrativo	1,36
Cafetería	Administrativo	2,47
Sala de Juntas	Administrativo	33,19
Oficina Administración	Administrativo	52,70
Baño Oficina Administración	Administrativo	2,88
Unidad de Cuidados Intensivos	Aprendizaje	24,33
Sala de Cirugía	Aprendizaje	23,24
Módulo 1	Aprendizaje	12,31
Módulo 2	Aprendizaje	12,12
Módulo 3	Aprendizaje	18,31
Módulo 4	Aprendizaje	12,07
Módulo 5	Aprendizaje	12,07
Aula 1	Aprendizaje	24,62
Lockers Cuarto Control	Administrativo	6,04
Recepción	Administrativo	8,68
Coordinación	Administrativo	8,68
Aula 2	Aprendizaje	31,15
Bodega	Administrativo	10,10
Cuarto Técnico 1	Administrativo	12,25
Cuarto Técnico 2	Administrativo	15,36
Pasillos y Áreas Comunes	Administrativo	102,87
Vestier Planta Física	Administrativo	18,16
Baño Hombre 2	Administrativo	8,25
Baño Mujeres 2	Administrativo	8,56

Al confrontar los planos iniciales suministrados de la página web de la UIS con la visita realizada a la edificación se encontró una serie de modificaciones. A

continuación se discriminan cada una de las reformas encontradas en cada uno de los pisos del edificio Roberto Serpa de la Facultad de Salud.

PRIMER PISO

Los espacios 1, 2, 3, 4, 6 y 7 que están señalados en los planos iniciales como aulas de aprendizaje ahora corresponden a salas de informática.

SEGUNDO PISO

No se encontraron modificaciones.

TERCER PISO

La sala de Informática, de juntas, aula con video beam y recepción, se encuentran ubicadas en un solo espacio arquitectónico del tercer piso.

CUARTO PISO

El espacio que estaba señalado para el centro de estudios de bacteriología fue designado como cuarto de almacenamiento de equipos de simulación del quinto piso.

QUINTO PISO

No se encontraron modificaciones.

En los espacios señalados en los planos iniciales de todos los pisos del edificio Roberto Serpa como oficina 1 y 2 corresponden a cuartos técnicos.

6.3 IDENTIFICACIÓN DE CARGAS SIGNIFICATIVAS Y SENSIBLES

Con la facultad de Salud se consultaron los equipos a instalar en los diferentes espacios de la edificación para caracterizar y clasificar la carga.

Se clasificó las cargas como sensibles y significativas de acuerdo al concepto referido en el marco conceptual. Para la caracterización de la edificación se adoptó el criterio de la NTC 2050 para uso comercial debido a que no existe un criterio específico que se asemeje a las condiciones de operación.

A continuación se sustenta la clasificación y caracterización realizada a cada uno de los equipos instalados en el edificio Roberto Serpa, la capacidad del transformador instalado es de 500 [KVA].

6.3.1 Aires acondicionados. Los sistemas de aires acondicionados se instalaron en los pisos tercero y quinto de la edificación. La potencia de los sistemas se dimensionó de acuerdo a las necesidades de operación y servicio que brindarían en cada uno de los espacios especificados.

En la siguiente tabla se presenta cada uno de los sistemas de aires acondicionados instalados por piso y su respectiva ubicación (Ver tabla nº6):

El consumo de potencia total aproximado de los sistemas de aires acondicionados es de 148 [kVA]. El consumo de estos equipos representa el 29,6% de la capacidad del transformador. Se considera como una carga significativa debido a su consumo de potencia.

Tabla 7. Cuadro De Carga Aires Acondicionados

PISO	MANEJADORAS (U.M.A.)				
	UBICACIÓN	CAPACIDAD [BTU/H]	TIPO	POTENCIA [kW]	TENSIÓN [V]
3	Maestría - Recepción	12000	Split Pared	3,51	220
	Maestría - Informática	12000	Split Pared	3,51	220
	Maestría - Aula	12000	Split Pared	3,51	220
	Maestría - Sala de -juntas	12000	Split Pared	3,51	220
5	Sistema 1 - Cubículos Profesores	60000	Fan Coil Desnudo	17,58	220
		60000	Fan Coil Desnudo	17,58	220
		48000	Fan Coil Desnudo	14,06	220
	Sistema 2 - Sala de Juntas	36000	Fan Coil Piso techo	10,55	220
	Sistema 3 - Oficinas Administración	48000	Fan Coil Desnudo	14,06	220
	Cuarto Técnico	12000	Split Pared	3,51	220
	Sistema 4 - Unidad de Cuidados Intensivos	24000	Fan Coil Desnudo	7,03	220
	Sistema 5 - Módulo 4	12000	Fan Coil Desnudo	3,51	220
	Sistema 6 - Módulo 5	12000	Fan Coil Desnudo	3,51	220
	Sistema 7 - Aula 1	24000	Split Pared	7,03	220
	Sistema 8 - Recepción y Coordinación	18000	Fan Coil Desnudo	5,27	220
	Sistema 9 - Aula 2	36000	Fan Coil Piso techo	10,55	220
	Sistema 10 - Módulo 3	18000	Fan Coil Desnudo	5,27	220
Sistema 11 - Módulo 2	12000	Fan Coil Desnudo	3,51	220	
Sistema 12 - Módulo 1	12000	Fan Coil Desnudo	3,51	220	
Sistema 13 - Sala de Cirugía	24000	Fan Coil Desnudo	7,03	220	
Total				147,7070	

6.3.2 Circuitos de fuerza. Se reconoció cada una de las salidas de tomacorrientes que están señaladas en los planos eléctricos de cada uno de los espacios arquitectónicos del edificio Roberto Serpa.

Se utilizaron cuatro tipos de tomacorrientes en la instalación eléctrica, los cuales corresponden a: toma corrientes comunes, regulados, bifásicos y con protección diferencial (GFCI).

En las siguientes tablas se presenta la cantidad y clasificación de los tomacorrientes instalados por piso de cada uno de los espacios arquitectónicos de la edificación (Ver tablas nº7,8 ,9 ,10 y 11):

Tabla 7. Tomacorrientes Primer Piso

TOMA CORRIENTES PRIMER PISO				
UBICACIÓN	NORMAL	GFCI	BIFÁSICO A 220[V]	REGULADO
Sala de Informática 1	0	0	0	10
Sala de Informática 2	1	0	0	15
Sala de Informática 3	0	0	0	15
Sala de Informática 4	0	0	0	14
Aula 5	5	0	0	0
Sala de Informática 6	9	0	0	8
Sala de Informática 7	10	0	0	9
Baño Mujeres	0	0	0	0
Baño Hombres	0	0	0	0
Cuarto Técnico 1	1	0	0	1
Cuarto Técnico 2	0	0	0	0
Pasillos y Áreas Comunes	4	0	0	0
Total	30	0	0	72

Tabla 8. Tomacorrientes Segundo Piso

TOMA CORRIENTES SEGUNDO PISO				
UBICACIÓN	NORMAL	GFCI	BIFÁSICO A 220[V]	REGULADO
Aula 8	2	0	0	0
Aula 9	2	0	0	0
Aula 10	4	0	0	0
Aula 11	2	0	0	0
Aula 12	4	0	0	0
Aula 13	2	0	0	0
Aula 14	2	0	0	0
Aula 15	4	0	0	0
Cuarto Técnico 1	0	0	0	0
Cuarto Técnico 2	0	0	0	0
Pasillos y Áreas Comunes	3	0	0	0
Total	25	0	0	0

Tabla 9. Tomacorrientes Tercer Piso

TOMA CORRIENTES TERCER PISO				
UBICACIÓN	NORMAL	GFCI	BIFÁSICO A 220[V]	REGULADO
Aula 16	2	0	0	0
Aula 17	2	0	0	0
Aula 18	4	0	0	0
Aula 19	2	0	0	0
Aula 20	2	0	0	0
Aula 21	2	0	0	0
Aula 22	4	0	0	0
Sala de Juntas	2	0	0	1
Sala de Informática Flexible	5	0	0	5
Aula con Video Beam	3	0	0	1
Recepción	3	0	0	2
Cuarto Técnico 1	0	0	0	0
Cuarto Técnico 2	0	0	0	0
Pasillos y Áreas Comunes	3	0	0	0
Total	34	0	0	9

Tabla 10. Tomacorrientes Cuarto Piso

TOMA CORRIENTES CUARTO PISO				
UBICACIÓN	NORMAL	GFCI	BIFÁSICO A 220[V]	REGULADO
Aula 23	5	0	0	0
Aula 24	5	0	0	0
Aula 25	5	0	0	0
Aula 26	5	0	0	0
Aula 27	5	0	0	0
Aula 28	5	0	0	0
Aula 29	5	0	0	0
Aula 30	5	0	0	0
Centro de Estudios de Bacteriología	5	0	0	0
Cuarto Técnico 1	2	0	0	0
Cuarto Técnico 2	2	0	0	0
Pasillos y Áreas Comunes	5	0	0	0
Total	54	0	0	0

Tabla 11. Tomacorrientes Quinto Piso

TOMA CORRIENTES QUINTO PISO				
UBICACIÓN	NORMAL	GFCI	BIFÁSICO A 220[V]	REGULADO
Cubículo 1	1	0	0	1
Cubículo 2	1	0	0	1
Cubículo 3	1	0	0	1
Cubículo 4	1	0	0	1
Cubículo 5	1	0	0	1
Cubículo 6	1	0	0	1
Cubículo 7	1	0	0	1
Cubículo 8	1	0	0	1
Cubículo 9	1	0	0	1
Cubículo 10	1	0	0	1
Cubículo 11	1	0	0	1

Tabla 11. Tomacorrientes Quinto Piso (continuación)

TOMA CORRIENTES QUINTO PISO				
Cubículo 12	1	0	0	1
Cubículo 13	1	0	0	1
Cubículo 14	1	0	0	1
Cubículo 15	1	0	0	1
Cubículo 16	1	0	0	1
Cubículo 17	1	0	0	1
Cubículo 18	1	0	0	1
Baño Hombres	0	0	0	0
Baño Mujeres	0	0	0	0
Cafetería	1	1	0	0
Sala de Juntas	5	0	0	2
Oficina Administración	5	0	0	4
Baño Oficina Administración	0	0	0	0
Unidad de Cuidados Intensivos	0	0	1	8
Sala de Cirugía	0	0	1	9
Módulo 1	0	0	1	7
Módulo 2	0	0	0	5
Módulo 3	0	0	1	7
Módulo 4	0	0	0	5
Módulo 5	0	0	0	6
Aula 1	6	0	0	0
Lockers Cuarto Control Eléctrico	2	0	0	0
Recepción	1	0	0	1
Coordinación	1	0	0	2
Aula 2	7	0	0	0
Bodega	1	0	0	0
Cuarto Técnico 1	0	0	0	2
Cuarto Técnico 2	2	0	0	0
Pasillos y Áreas Comunes	3	0	0	0
Vestier Planta Física	2	0	0	0
Total	54	1	4	76

TOMAS TOTALES DE LA EDIFICACIÓN

- Tomas Normales: 197
- Tomas con Protección Diferencial: 1
- Tomas Bifásicas a 220[V]: 4
- Tomas Reguladas: 157

Notas:

- En la cafetería de profesores se encuentra instalado un tomacorriente con protección diferencial debido a que está ubicado un lavaplatos.
- No se diseñó circuito de fuerza para los baños de la edificación.
- Los tomacorrientes bifásicos a 220 [V] están localizados en las salas de cirugía para los equipos de aire acondicionado con sistema de recuperación variable.

Para el dimensionamiento de la potencia se aplicó la norma NTC 2050 (sección 220 tabla 220-13. Factores de demanda para cargas de tomacorrientes en edificaciones no residenciales).

Potencia Carga Estimada = 180VA X Tomas Normales

Potencia Carga Estimada = 180VA X 197 = 35460 [VA]

FP = 0,9 atraso

Potencia Activa = 35460 * 0,9 = 31914 [W]

Potencia Reactiva = $\sqrt{35460^2 - 31914^2} = 16061$ [VAR]

Factor de Demanda: los primeros 10000 al 100% - restante al 50%

Por consecuencia: 10000 + (35460-10000)*50%= 22820 [VA]

Potencia Tomas Reguladas = 400 [VA] X Tomas Reguladas

Potencia Tomas Reguladas = 400 [VA] X 157 = 62800 [VA]

Tomas Bifásicas a 220V: 1500 [VA]*4=6000 [VA]

TOTAL CARGA POR TOMAS: 91,62 [KVA]

6.3.3 Iluminación. Con las especificaciones técnicas de las luminarias y los planos eléctricos de la edificación se dimensionó la potencia de acuerdo al número de lámparas.

En las siguientes tablas se presentan la referencia, consumo y cantidad de luminarias por piso y ubicación de la edificación (Ver tablas nº12, 13, 14, 15 y 16):

Tabla 12. Iluminación Primer Piso

ILUMINACIÓN PRIMER PISO			
UBICACIÓN	SALIDA DE LUMINARIAS	POTENCIA [W]	LUMINARIA
Sala de Informática 1	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Sala de Informática 2	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Sala de Informática 3	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Sala de Informática 4	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 5	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Sala de Informática 6	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Sala de Informática 7	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Baño Mujeres	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Baño Hombres	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 1	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 2	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Pasillos y Áreas Comunes	14	1512	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Total	64	6912	

Tabla 13. Iluminación Segundo Piso

ILUMINACIÓN SEGUNDO PISO			
UBICACIÓN	SALIDA DE LUMINARIAS	POTENCIA [W]	LUMINARIA
Aula 8	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 9	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 10	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 11	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 12	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 13	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 14	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 15	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 1	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 2	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Pasillos y Áreas Comunes	14	1512	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Total	66	7128	

Tabla 14. Iluminación Tercer Piso

ILUMINACIÓN TERCER PISO			
UBICACIÓN	SALIDA DE LUMINARIAS	POTENCIA [W]	LUMINARIA
Aula 16	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 17	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 18	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 19	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 20	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 21	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 22	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Sala de Juntas	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Sala de Informática Flexible	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula con Video Beam	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Recepción	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 1	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 2	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Pasillos y Áreas Comunes	14	1512	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Total	68	7344	

Tabla 15. Iluminación Cuarto Piso

ILUMINACIÓN CUARTO PISO			
UBICACIÓN	SALIDA DE LUMINARIAS	POTENCIA [W]	LUMINARIA
Aula 23	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 24	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 25	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 26	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 27	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 28	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 29	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 30	6	648	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Centro de Estudios de Bacteriología	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 1	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 2	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Pasillos y Áreas Comunes	20	2160	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Total	74	7992	

Tabla 16. Iluminación Quinto Piso

ILUMINACIÓN QUINTO PISO			
UBICACIÓN	SALIDA DE LUMINARIAS	POTENCIA [W]	LUMINARIA
Cubículo 1	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 2	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 3	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 4	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 5	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 6	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 7	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 8	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 9	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 10	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 11	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 12	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 13	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 14	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 15	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 16	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 17	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cubículo 18	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299

Tabla 16. Iluminación Quinto Piso (continuación)

ILUMINACIÓN QUINTO PISO			
UBICACIÓN	SALIDA DE LUMINARIAS	POTENCIA [W]	LUMINARIA
Baño Hombres	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Baño Mujeres	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cafetería	5	130	Bala Fluorescente 26 W
Sala de Juntas	4	432	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Oficina Administración	6	1296	Cuadrada 4x54 t5 TBS 299 Phillips
Oficina Administración	6	156	Bala Fluorescente 26 W
Baño Oficina Administración	1	26	Bala Fluorescente 26 W
Unidad de Cuidados Intensivos	7	756	Empotrable Hermética IP 2x54W t5
Unidad de Cuidados Intensivos	1	26	Bala Fluorescente 26 W
Sala de Cirugía	7	756	Empotrable Hermética IP 2x54W t5
Módulo 1	2	216	Empotrable Hermética IP 2x54W t5
Módulo 1	1	26	Bala Fluorescente 26 W
Módulo 2	2	216	Empotrable Hermética IP 2x54W t5
Módulo 2	1	26	Bala Fluorescente 26 W
Módulo 3	3	324	Empotrable Hermética IP 2x54W t5
Módulo 3	3	78	Bala Fluorescente 26 W
Módulo 4	2	216	Empotrable Hermética IP 2x54W t5
Módulo 4	1	26	Bala Fluorescente 26 W
Módulo 5	2	216	Empotrable Hermética IP 2x54W t5
Módulo 5	1	26	Bala Fluorescente 26 W
Aula 1	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 1	1	26	Bala Fluorescente 26 W
Lockers Cuarto Control Eléctrico	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Lockers Cuarto Control Eléctrico	2	52	Bala Fluorescente 26 W
Recepción	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Coordinación	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Aula 2	4	432	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Bodega	1	108	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 1	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Cuarto Técnico 2	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299

Tabla 16. Iluminación Quinto Piso (continuación)

ILUMINACIÓN QUINTO PISO			
UBICACIÓN	SALIDA DE LUMINARIAS	POTENCIA [W]	LUMINARIA
Pasillos y Áreas Comunes	22	2376	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Pasillos y Áreas Comunes	15	390	Bala Fluorescente 26 W
Vestier Planta Física	2	216	Fluorescente 2x54W t5 Phillips TBS 299
Total	133	11896	

TOTAL CARGA POR ILUMINACIÓN: 41,17 [kVA]

TOTAL POTENCIA ACTIVA: $41,172 \times 0,9 = 37,05$ [kW]

TOTAL POTENCIA REACTIVA: $\sqrt{41,172^2 - 37,054^2} = 17,94$ [kVAR]

El consumo de potencia total aproximado de iluminación es de 42 [kVA]. El consumo de estos equipos representa el 8,4% de la capacidad del transformador. Se considera como una carga significativa debido a su consumo de potencia.

6.3.4 Uninterrupted Power Supply (UPS). Las UPS Instaladas en el edificio Roberto Serpa tienen un consumo total de 48 [kVA] brindando energía durante 5 horas en caso de presentarse un corte en el suministro eléctrico. Estos equipos son necesarios para asegurar que no se ponga en riesgo la vida en cualquier actividad médica.

TOTAL CARGA UPS: 48 [kVA]

TOTAL POTENCIA ACTIVA: $48 \times 0,9 = 43,20$ [kW]

TOTAL POTENCIA REACTIVA: $\sqrt{48^2 - 43,2^2} = 20,92$ [kVAR]

TOTAL CARGA SIGNIFICATIVA EN EL EDIFICIO

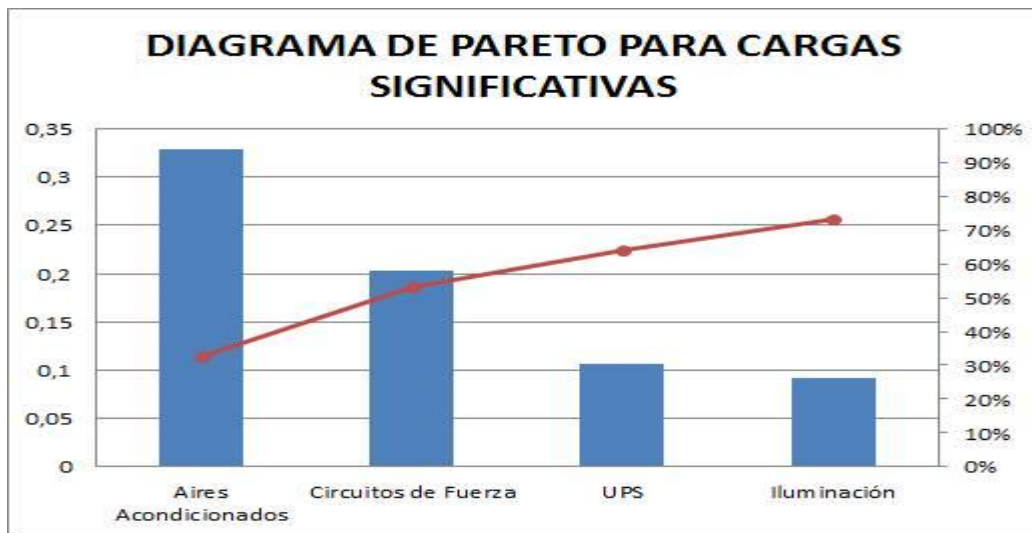
En la siguiente tabla se presenta el total de carga discriminada del edificio (Ver tablas nº17):

Tabla 17. Total Carga en el Edificio Roberto Serpa

TOTAL CARGA [kVA]	
AIRES ACONDICIONADOS	147,70
CIRCUITOS DE FUERZA	91,62
UPS	48
ILUMINACIÓN	41,27
POTENCIA TOTAL [kVA]	365,11

En el siguiente gráfico se ilustra el porcentaje de carga del transformador y las cargas instaladas (Ver ilustración nº1):

Ilustración 1. Carga del Transformador



Se clasificó las cargas sensibles como aquellas a las que se debe garantizar una alta calidad de energía con el fin de abarcar su funcionamiento óptimo.

6.3.5 Definición de la IEEE 1159 [1995] R 2001. Es el concepto de energizar y conectar a tierra cualquier equipo sensible de una manera que sea conveniente para su funcionamiento; El término se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente eléctricas, en un tiempo y ubicación dada en el sistema de potencia.

Parámetros De Calidad

Frecuencia: 60 ciclos por segundo.

Amplitud: Según norma para cada aplicación.

Forma de Onda: Sinusoidal pura.

Continuidad: Energía disponible siempre.

Desbalance o Asimetría: Alimentación eléctrica balanceada (trifásicos).

Tabla 18. Parámetros de Calidad de Energía

CLASIFICACIÓN DE PERTURBACIONES según IEEE- 1159 (R 2001)			
CATEGORIAS	ESPECTRO TÍPICO	DURACIÓN TÍPICA	MAGNITUD DE TENSIÓN
1.0 TRANSITORIOS			
1.1 IMPULSOS	5ns - 0.1 ms	<50ns y >1ms	
1.2 OSCILACIONES			
1.2.1 FRECUENCIA BAJA	< 5 kHz	0,3 a 50 ms	0 - 4 pu
1.2.2 FRECUENCIA MEDIA	5 - 500 kHz	20 μs	0 - 8 pu
1.2.3 FRECUENCIA ALTA	0.5 - 5 MHz	5 μs	0 - 4 pu
2.0 VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN			
2.1 INSTANTÁNEAS			
2.1.1 DEPRESIONES (SAGS)		0.5 - 30 ciclos	0.1 - 0.9 pu
2.1.2 ELEVACIONES (SWELLS)		0.5 - 30 ciclos	1.1 - 1.8 pu
2.2 MOMENTÁNEAS			
2.2.1 INTERRUPCIONES		0.5 ciclos - 3 s	< 0.1 pu
2.2.2 DEPRESIONES		30 ciclos - 3s	0.1 - 0.9 pu
2.2.3 ELEVACIONES		30 ciclos - 3s	1.1 - 1.4 pu
2.3 TEMPORALES			
2.3.1 INTERRUPCIONES		3s - 1 min	< 0.1 pu
2.3.2 DEPRESIONES		3s - 1 min	0.1 - 0.9 pu
2.3.3 ELEVACIONES		3s - 1 min	1.1 - 1.2 pu
3.0 VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN			
3.1 INTERRUPCIONES		> 1 min	0.0 pu
3.2 SUBTENSIONES		> 1 min	0.8 - 0.9 pu
3.3 SOBRETENSIONES		> 1 min	1.1 - 1.2 pu
4.0 DESBALANCES DE TENSIÓN			
5.0 DEFORMACIONES DE LA FORMA DE ONDA			
5.1 DC OFFSET		Estado estable	0 - 0.1%
5.2 ARMÓNICOS	0-100º Armónico	Estado estable	0 - 20%
5.3 INTERARMÓNICOS	0-6 kHz	Estado estable	0 - 2%
5.4 RUIDO	Banda Ancha	Estado estable	0 - 1%
6.0 FLUCTUACIONES DE TENSIÓN			
7.0 FLUCTUACIONES DE FRECUENCIA			
	< 25 Hz	Intermitentes	0.1 - 7%
		<10 s	

Fuente: Tomado de [27]

Con la información de los equipos a instalar en el laboratorio de simulación del edificio Roberto Serpa se determinó que el consumo de potencia no es significativo; estas unidades funcionan a base de baterías recargables.

Las baterías de los equipos de simulación son recargables y es necesaria la conexión a la red eléctrica para su carga. El circuito de carga está basado en rectificadores de potencia los cuales se les deben suministrar una buena calidad de energía para su óptimo funcionamiento; por este comportamiento de operación se clasificó como cargas sensibles.

Los equipos de cómputo instalados en las salas de informática y oficinas de la edificación generan armónicos que afectan la calidad de la red eléctrica. Al garantizar un suministro de alta calidad a estos equipos se generaran en una menor proporción las distorsiones a la red, por este comportamiento de operación se clasificó como cargas sensibles.

7. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE QUE SE PUEDAN INVOLUCRAR EN LAS REFORMAS EFECTUADAS EN EL EDIFICIO ROBERTO SERPA DE LA FACULTAD DE SALUD

Esta etapa corresponde a la investigación de nuevas alternativas tecnológicas con la información estructurada del edificio, otorgando un criterio para una posible reforma relacionada con la segmentación de circuitos, cargas significativas y sensibles.

La información detallada de cálculos y catálogos de equipos está disponible en el medio magnético con nombre de anexos digitales [35].

7.1 SEGMENTACIÓN DE CIRCUITOS

En las siguientes tablas se presenta la segmentación de los circuitos ramales de la edificación suministrados por el interventor de la obra. Se reconocieron tres clases de circuitos ramales: circuito para aires acondicionados, circuito regulado y circuito compartido (iluminación y tomacorrientes) (Ver tablas nº19 y 20):

Tabla 19. Segmentación de Circuitos Ramales

PROYECTO:		Repotenciación Edificio Roberto Serpa									
LONGITUDES					CARACTERÍSTICA DE LA CARGA						
TRAMO		LONG.(m)			P	S	FASES	FP	TIPO	MAT	F S
INICIO	FIN	V	H	Total	[W]	[KVA]					
TR	TGBT	3	4	7	153.000	170,00	3	0,90	Acometidas [Redes Concentradas]	Cu	1
TGBT	T4to	16	20	36	13.500	15,00	3	0,90	Acometidas [Redes Concentradas]	Cu	1
T4TO	Cto	1,5	27	28,5	1.296	1,44	1	0,90	Circuito Ramal	Cu	1
TGBT	T5to	20	20	40	22.500	25,00	3	0,90	Acometidas [Redes Concentradas]	Cu	1
T5t0	Cto	1,5	27	28,5	1.296	1,44	1	0,90	Circuito Ramal	Cu	1
TGBT	TAA5to	20	20	40	52.650	61,94	3	0,85	Acometidas [Redes Concentradas]	Cu	1
TAA5to	UCA_1	3	36	39	20.150	25,19	3	0,80	Circuito Ramal	Cu	1
TAA5to	UCA_2	3	58	61	6.500	8,13	3	0,80	Circuito Ramal	Cu	1
TAA5to	UCA_3	3	33	36	5.200	6,50	3	0,80	Circuito Ramal	Cu	1
TGBT	TAA3er	20	20	40	4.500	5,00	3	0,90	Acometidas [Redes Concentradas]	Cu	1
TAA1er	UCA_1	3	33	36	1.300	1,44	2	0,90	Circuito Ramal	Cu	1
TAA1er	UMA_1	21	40	61	1.300	1,44	2	0,90	Circuito Ramal	Cu	1
TGBT	UPS	20	20	40	36.000	40,00	3	0,90	Acometidas [Redes Concentradas]	Cu	1
UPS	Cto 1	4	26	30	900	1,00	1	0,90	Circuito Ramal	Cu	1
UPS	Cto 2	4	24	28	2.700	3,00	2	0,90	Circuito Ramal	Cu	1
UPS	Cto 3	4	24	28	4.500	5,00	3	0,90	Circuito Ramal	Cu	1

TRAMO		VALORES NOMINALES		MOMENTO ELÉCTRICO		
		CTE	CAL	MOMENTO	KG	K
INICIO	FIN	[A]	INICIAL	[KVA*m]		
TR	TGBT	471,87	0	1.190,00	10,38	2,4006E-04
TGBT	T4to	41,64	Cu 6	540,00	89,27	2,0636E-03
T4TO	Cto	12,00	Cu 14	41,04	532,18	1,2301E-02
TGBT	T5to	69,39	Cu 4	1.000,00	57,80	1,3360E-03
T5t0	Cto	12,00	Cu 14	41,04	532,18	1,2301E-02
TGBT	TAA5to	171,93	Cu 2/0	2.477,64	30,79	7,0977E-04
TAA5to	UCA_1	69,91	Cu 4	982,29	81,99	1,8953E-03
TAA5to	UMA_1	4,81	Cu 14	62,00	532,18	1,2301E-02
TAA5to	UCA_2	22,55	Cu 12	495,63	196,46	4,5410E-03
TAA5to	UMA_2	13,89	Cu 14	222,53	196,46	4,5410E-03
TAA5to	UCA_3	18,04	Cu 14	234,00	302,87	7,0007E-03
TAA5to	UMA_3	10,38	Cu 14	133,92	337,15	7,7929E-03
TGBT	TAA3er	13,88	Cu 8	200,00	217,60	5,0297E-03
TAA1er	UCA_1	6,94	Cu 14	51,98	532,18	1,2301E-02
TAA1er	UMA_1	6,94	Cu 14	88,08	532,18	1,2301E-02
TGBT	UPS	111,03	Cu 1/0	1.600,00	38,16	8,8225E-04
UPS	Cto 1	8,33	Cu 14	30,00	337,15	7,7929E-03
UPS	Cto 2	14,42	Cu 14	84,00	337,15	7,7929E-03
UPS	Cto 3	13,88	Cu 14	140,00	337,15	7,7929E-03

Tabla 20. Segmentación de Circuitos Ramales

TRAMO		REGULACIÓN [%]			CALIBRE Y PROTECCIÓN			
		PERM.	PARCIAL	TOTAL	PROT.	MEDIDOR	CALIBRE	
INICIO	FIN				[A]		[A]	FASE
TR	TGBT	3	0,28	0,28	3X500	0	3 X Cu 2/0	Cu 2/0
TGBT	T4to	3	1,11	1,40	3X50	40	Cu 4	Cu 10
T4TO	Cto	2	3,02	4,42	1X15	0	Cu 12	Cu 14
TGBT	T5to	3	1,33	1,62	3X80	100	Cu 2	Cu 8
T5t0	Cto	2	3,02	3,02	1X15	0	Cu 12	Cu 14
TGBT	TAA5to	3	1,75	2,04	3X175	5	Cu 2/0	Cu 4
TAA5to	UCA_1	2	1,86	3,97	3X80	0	Cu 4	Cu 8
TAA5to	UMA_1	2	1,52	3,64	2X15	0	Cu 12	Cu 14
TAA5to	UCA_2	2	2,25	4,36	3X30	0	Cu 8	Cu 12
TAA5to	UMA_2	2	2,02	4,13	2X15	0	Cu 8	Cu 12
TAA5to	UCA_3	2	1,63	3,75	3X20	0	Cu 10	Cu 12
TAA5to	UMA_3	2	2,08	4,20	2X15	0	Cu 10	Cu 12
TGBT	TAA3er	3	1,00	1,29	3X30	20	Cu 8	Cu 14
TAA1er	UCA_1	2	1,43	2,73	2X15	0	Cu 12	Cu 14
TAA1er	UMA_1	2	2,43	3,73	2X15	0	Cu 12	Cu 14
TGBT	UPS	3	1,41	1,69	3X125	5	Cu 1/0	Cu 6
UPS	Cto 1	2	1,40	3,10	1X15	0	Cu 10	Cu 14
UPS	Cto 2	2	1,47	3,17	2X15	0	Cu 10	Cu 14
UPS	Cto 3	2	1,09	2,78	3X15	0	Cu 10	Cu 14

El cálculo realizado para la regulación de cada uno de los circuitos ramales NO cumple con el criterio expuesto en la norma NTC 2050(Sección 100) en el cual establece que la caída máxima de tensión de los circuitos ramales hasta la salida más lejana no supere el 3%, con el fin de obtener un eficiente funcionamiento.

Para el cálculo de las protecciones eléctricas se aplicó el criterio del límite de corriente máxima que puede soportar el conductor y la corriente total del circuito, este criterio está indicado en la NTC 2050 (Tabla 210-24, Resumen de los requisitos de los circuitos ramales).

7.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE VANGUARDIA BAJO EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE

7.2.1 Tubos solares. La tecnología de tubos solares está diseñada para introducir la luz solar a espacios interiores a partir de tubos de aluminio de 99% reflectantes y que pueden prolongarse hasta 12 metros verticalmente. Estos sistemas vienen equipados para filtrar los rayos UV, minimizar la transferencia de calor y regular la cantidad de luz a partir de dimmers [25].

Con la aplicación de tubos solares se logra un ahorro energético a largo plazo con una vida útil de alrededor de 15 años, el mantenimiento de los equipos es mínimo comparado con la iluminación artificial y añade un aspecto inteligente, innovador y sostenible al ambiente arquitectónico de la edificación. El costo de su instalación es elevado respecto a las luminarias convencionales; en Colombia no se tiene oferta de estos equipos por consiguiente se deben importar.

La aplicación de esta alternativa en el complejo de la E3T ha brindado resultados en materia de ahorro económico a la UIS y de confort a toda la comunidad universitaria que usan este espacio para el desarrollo de las actividades académicas [25].

Se consultó con diferentes profesores de la E3T sobre las ventajas y desventajas de operación de esta aplicación; al unificar las ideas expuestas de cada profesor se obtuvo:

- Ahorro de energía.
- Inversión inicial alta.
- Confort.

Adicionalmente el diseño de los ventanales donde están instalados los tubos solares brinda una mayor eficiencia, otorgando los suficientes lúmenes para la no utilización del sistema de iluminación de respaldo instalado.

Ilustración 2. Tubos Solares E3T



Fuente: Tomado de [28]

El edificio Roberto Serpa tiene un espacio libre en la terraza para la implementación de esta tecnología que favorecería al quinto piso, en donde los rayos del sol caen directamente en un horario de 9:00 a.m. hasta las 4:00 p.m. En el quinto piso se encuentra ubicado la sala de profesores, oficina de decanatura y sala de juntas, la implementación de los tubos solares en estos espacios brindará la iluminación necesaria para el desarrollo de las actividades de lectura, escritura y computación, cumpliendo con los niveles de iluminación necesarios que exige la NTC2050 y el RETILAP.

7.2.2 Persianas. Las persianas se componen por múltiples láminas horizontales o verticales que usualmente están hechas de acero galvanizado, aluminio anodizado o PVC de alta durabilidad y bajo mantenimiento. Pueden ser interiores o exteriores y la forma de las láminas tienen una forma curva o plana. Normalmente están colocadas de tal manera que el ancho de una lámina se traslapa con la otra en el momento de que esté totalmente cerrada.

Las persianas pueden obstruir, absorber y transmitir la luz al interior del edificio, sus efectos dependen de la posición del sol, de los ángulos de las láminas y de las características reflectivas del material en que están construidas.

En condiciones soleadas el sistema puede incrementar la penetración de luz natural, reducir las cargas térmicas y producir una mejor uniformidad de iluminación entre las áreas más próximas y distantes a las ventanas. Sus costos y ahorros dependen del uso eficiente de luz sin generar ganancias de calor o cargas de enfriamiento.

La implementación de persianas en el complejo de la E3T disminuyó la incidencia directa de los rayos solares ocasionando que la temperatura no se incremente gradualmente y que contribuya a un ambiente fresco en la edificación [25].

Ilustración 3. Persianas del Complejo de la E3T



Fuente: Tomado de [28]

La implementación de esta alternativa en el edificio Roberto Serpa solo es viable en el costado norte donde predomina la incidencia directa de los rayos solares. Los laboratorios de simulación no disponen ventanales inhabilitando el uso de esta aplicación.

7.2.3 Transparencia del vidrio. En el edificio Roberto Serpa se sugiere el uso de vidriado con al menos 70% de transmitancia que garantiza la incidencia de los rayos solares. Si se instalan parasoles horizontales no se considera la selección del vidriado con las características técnicas de protección al deslumbramiento, de oscurecimiento inteligente o de bajo nivel de transferencia de calor. Esto conlleva una inversión mayor para las muchas alternativas de iluminación planteadas [25].

7.2.4 Diseño de sistema de generación eólico. La implementación de un sistema eólico para convertir energía mecánica en energía eléctrica mediante el aprovechamiento del viento y un generador no es viable; el aire que circula en la ciudad de Bucaramanga es turbulento debido al relieve que presenta en su zona geográfica.

El espacio destinado para la instalación de las turbinas de generación no es suficiente, en estas zonas se encuentran ubicados los compresores de los sistemas de aires acondicionados. También se considera la alta inversión y la tasa de retorno es baja.

7.2.5 Diseño de sistema de generación fotovoltaico – eólico. El sistema combinado Fotovoltaico – Eólico mezcla las fuentes naturales viento y sol para la generación de energía eléctrica para suplir parte del consumo del edificio. Estos sistemas poseen eficiencias bajas comparadas con el sistema de energía hidráulica que se maneja en el país y que suplen la demanda de

energía. El costo de inversión es alto y su tasa de recuperación es baja; se considera que no es viable la implementación de este sistema.

7.2.6 Uso racional del agua. El agua es un recurso natural no renovable que necesitamos todos los días para la alimentación, limpieza y oficios de la vida cotidiana. Este recurso se está agotando de manera acelerada debido a la mala planificación y empleo de las personas.

Las políticas para el uso racional del agua tienen como objetivo reducir el consumo de agua potable debido a que una parte significativa se usa para servicios secundarios como en los lavaplatos, sanitarios, lavamanos, duchas, industrias, riegos, etc. Estas políticas de uso racional del agua se deben comunicar a cada una de las personas mediante campañas hechas en los colegios, universidades, lugares de trabajo para lograr darle un mejor uso que se verá reflejado en el ambiente y en el ahorro de energía [25].

Para el edificio Roberto Serpa se puede emplear un sistema para reducir el consumo de agua potable en los sanitarios, lavamanos y orinales. La estrategia sería aprovechar las aguas lluvias que mediante un proceso de filtrado y tratamiento se pueden reutilizar. Si se tiene proyectado la implementación de una cubierta verde en la terraza del edificio se aprovecharía el uso de aguas lluvias para el riego de esta.

7.2.7 Cubierta verde. Una cubierta verde es el techo en una edificación que está parcial o totalmente cubierto de vegetación. Esta es una alternativa tecnológica que tiene como objetivo mejorar el hábitat o ahorrar el consumo de energía, reduciendo el calor en la edificación y además retiene partículas de polvo y gases contaminantes del aire [25].

Las cubiertas verdes pueden ser de dos tipos:

- Extensivos: Son de bajo costo, peso y mantenimiento, por lo regular este tipo de techo soportan plantas que toleran altas temperaturas, sequias y viento.
- Intensivos: Son de un costo más alto que los extensivos, tienen mayor peso y requieren un gran mantenimiento, ya que se pueden sembrar árboles, jardines, flores silvestres, etc.

El uso de la cubierta verde en el complejo de la E3T ha mejorado la climatización del edificio, reflejándose en las horas de mayor temperatura que son alrededor de las nueve de la mañana y doce del mediodía, por lo que se respira un ambiente fresco en los salones y pasillos de la edificación [25].

Ilustración 4. Cubierta Verde del Complejo de la E3T



Fuente: Tomado de [28]

Esta aplicación es viable en el edificio Roberto Serpa debido a que cuenta con espacio disponible para su implementación en la terraza. Esta aplicación reducirá la temperatura en los espacios interiores cercanos a la azotea de 3 a 5°C durante el día, reduciendo el empleo de aires acondicionados en el quinto

piso brindando un ahorro de energía, comodidad y climatización en la edificación.

7.2.8 Ventanales. Los ventanales deben ser de gran tamaño, proporcionando una mayor incidencia de los rayos solares. La alternativa se complementa con un sistema de telones motorizados permitiendo graduar la luminosidad de los espacios según los requerimientos de operación.

En el edificio Roberto Serpa los ventanales de los diferentes espacios arquitectónicos son amplios para el aprovechamiento de la luz natural, se requiere la implementación de telones motorizados debido a que se está presentando el fenómeno de deslumbramiento en determinadas horas del día.

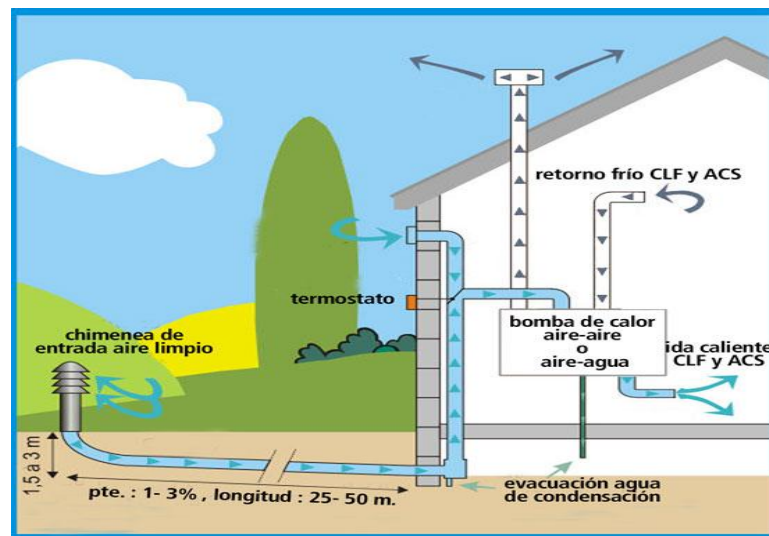
7.2.9 Pintura reflectante de calor. Refleja los rayos infrarrojos con una gran capacidad reflectante térmica, proporcionando el no uso de los sistemas de aires acondicionados al no haber absorción de calor [29].

La aplicación de la pintura en el edificio Roberto Serpa es viable y traerá como beneficio la reducción en la temperatura ambiente, reflejándose en la climatización de los espacios del edificio y racionando el uso de aires acondicionados.

7.2.10 Pozos canadienses. Un pozo canadiense consiste en un sistema de climatización geotérmica basado en la introducción de tubos bajo la tierra con cierta profundidad, los cuales están conectados directamente en la edificación permitiendo que circule el aire libremente sin ningún equipo que consuma energía. Este sistema es una aplicación de la energía geotérmica, puesto que el aire acumulado en las tuberías se encuentra más frío que el aire de la edificación durante el verano, pero más caliente durante el invierno, por lo que se aprovecha el intercambio de calor [30].

La implementación de esta tecnología para el edificio Roberto Serpa no es viable debido a que el edificio se encuentra terminado. Para la implementación de este sistema se tendría que remover el piso para su instalación resultando costoso. Los espacios vecinos al edificio se encuentran construidos y no permitiría un intercambio de temperatura con otra zona aledaña.

Ilustración 5. Pozos Canadienses

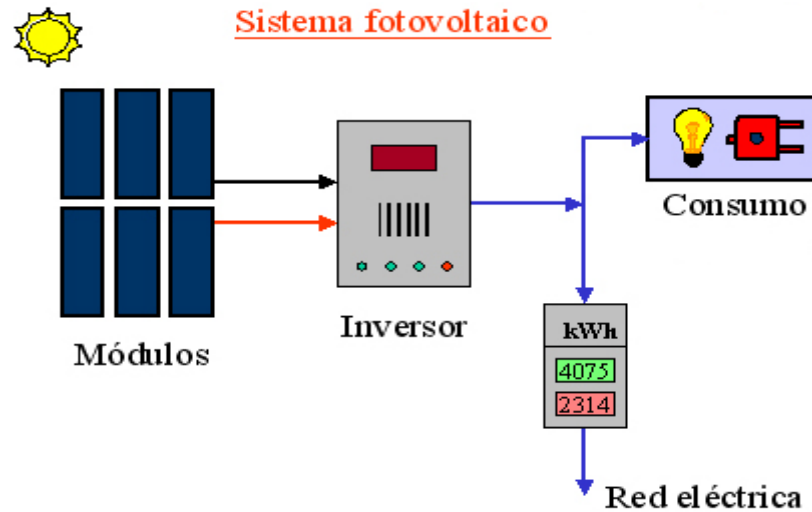


Fuente: Tomado de [31].

7.2.11 Sistema foto-voltaico. Un sistema fotovoltaico está compuesto fundamentalmente por varios paneles fotovoltaicos cuyo objetivo es convertir la radiación solar en energía eléctrica. La electricidad que se genera es de naturaleza continua (CC) y dependiendo del tipo de panel y conexión, el voltaje generado se encuentra en un rango de 5 a 900 [V]. Esta energía puede transformarse en energía alterna (110-220 [V]) por medio de inversores [32]. La eficiencia de conversión de energía solar en energía eléctrica es muy baja, alrededor de un 16 y 30%. Los sistemas fotovoltaicos instalados en las casas o parques son de baja eficiencia por los costos de fabricación de los mismos. En el edificio Roberto Serpa es viable la instalación de un sistema fotovoltaico para suplir una determinada demanda de carga, proporcionando un ahorro

energético. El costo de implementación es alto y su tasa de recuperación a un mediano plazo.

Ilustración 6. Sistema Fotovoltaico



Fuente: Tomado de [32].

7.2.12 Sensores de movimiento. Los sensores de presencia reaccionan al mínimo movimiento y a su vez miden la luminosidad, si no se detecta algún movimiento o si se supera un valor de luminosidad definido el detector apaga la luz automáticamente.

Los sensores de presencia instalados en el complejo de la E3T tiene como finalidad la automatización del encendido y apagado de las luces de los salones, baños, pasillos y áreas generales de la edificación, lo cual brinda un uso racional y eficiente de la energía. La aplicación de esta alternativa proporciona a la UIS ahorro en costos a un mediano plazo comparado con otros edificios que no cuentan con este sistema [25].

Ilustración 7. Sensores de Movimiento E3T



Fuente: Tomado de [28].

La implementación de sensores de movimientos en los diferentes espacios del edificio Roberto Serpa sería una alternativa viable, permitiendo el control del encendido y apagado de la iluminación bajo las mismas políticas de uso planteadas en la primera fase del edificio de la E3T.

7.2.13 Tarjeta inteligente. Una tarjeta inteligente o tarjeta con circuito integrado (TCI), es cualquier tarjeta del tamaño de bolsillo con circuitos integrados, que permite la ejecución de cierta lógica programada [25].

La aplicación de las tarjetas inteligentes en el complejo de la E3T ha brindado un uso racional y eficiente de energía, al pasar la tarjeta sobre el módulo sensor que activa la entrada y energiza los circuitos ramales del lugar donde se encuentra instalado.

Se consultó con diferentes profesores de la E3T sobre las ventajas y desventajas de operación de esta aplicación. Al unificar las ideas expuestas en las discusiones con cada profesor se concluyó que es necesario definir políticas estandarizadas para su operación y uso óptimo [25].

Ilustración 8. Tarjeta Inteligente E3T



Fuente: Tomado de [28].

La implementación de las tarjetas inteligentes en los diferentes espacios del edificio Roberto Serpa permitirá un uso eficiente del encendido y apagado de la iluminación, circuitos de fuerza y aires acondicionados. Es necesaria la creación de políticas de operación por parte de la UIS para su óptimo funcionamiento.

7.2.14 Tecnología LED. Los LEDS o diodos de emisión de luz se han utilizado a lo largo de los años en el área de la tecnología como indicadores luminosos, estos dispositivos emiten luz cuando por el circula una corriente eléctrica. En la actualidad la tecnología LED está reemplazando a la luz convencional (fluorescente, incandescente) debido a que tienen un menor consumo de energía y brinda los mismos niveles de luminosidad [33].

Ilustración 9. Tubos LED.



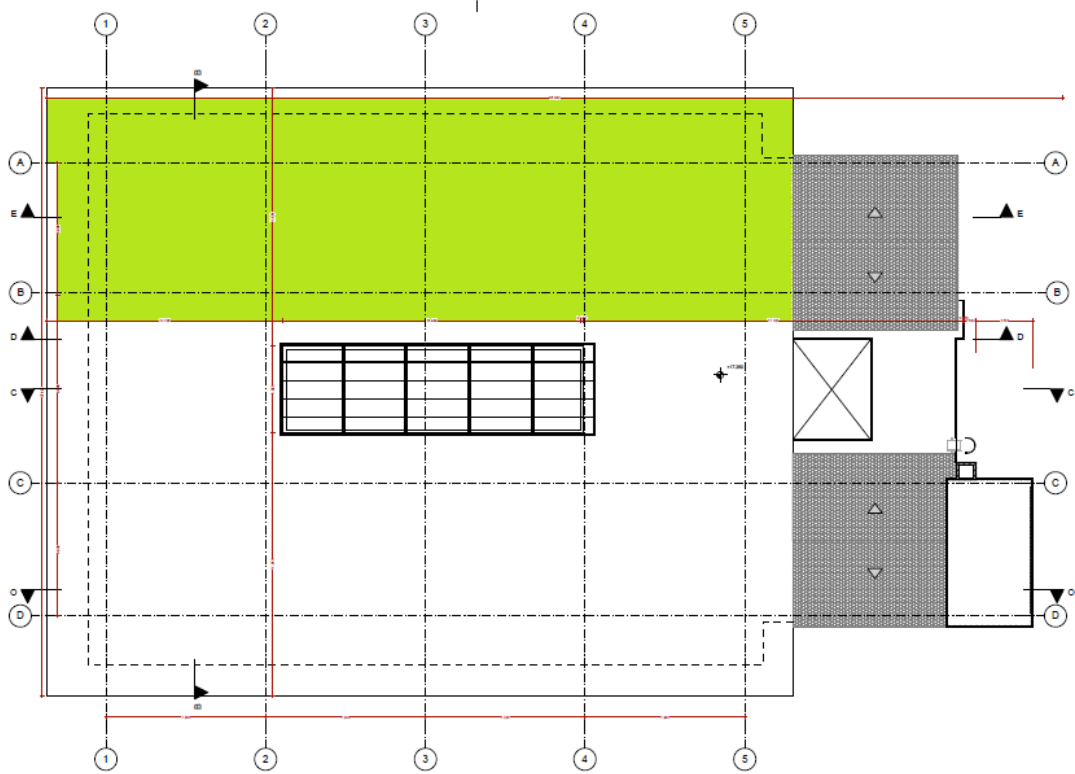
Fuente: Tomado de [34].

La implementación de la tecnología LED en el edificio Roberto Serpa es viable para el cambio de las luminarias tipo cuadradas y las balas fluorescentes que están instaladas en las zonas administrativas. No es posible el cambio de las luminarias herméticas y fluorescentes ubicadas en los laboratorios de simulación y en las zonas comunes; Los tubos LED no cumplen con los niveles de luminosidad emitidos de las lámparas actualmente instaladas.

7.3 VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE TUBOS SOLARES EN EL EDIFICIO ROBERTO SERPA

La siguiente imagen presenta la planta de la terraza del edificio Roberto Serpa donde se seleccionó el costado norte para la implementación de los tubos solares, el costado sur corresponde a los espacios de cirugía y cuidados intensivos donde la instalación de esta tecnología no es viable por las actividades médicas que se desarrollan en estos lugares; estas requieren un alto nivel de luminancia y flujo constante sin interrupción (Ver ilustración nº10):

Ilustración 10. Ubicación Tubos Solares



Fuente: Tomado de [35].

El complejo de la E3T tiene implementado un sistema de tubos solares en un área alrededor de $500 [m^2]$ generando un ahorro energético de $7,60 [MW/año]$. El sistema de iluminación natural brinda a la UIS un ahorro económico aproximado $3,03 [M\$/año]$ [25].

Para el edificio Roberto Serpa el área a cubrir con el sistema de iluminación natural es de $230 [m^2]$, otorgando a los ambientes administrativos los niveles de luminosidad para las actividades que se desarrollan en estos espacios. Los lugares favorecidos con este sistema serán:

- Cubículos de Profesores
- Sala de Juntas

- Oficina de Administración
- Cafetería

Se realizó la cotización de la implementación del sistema de tubos solares con la empresa Solatube pionera en los sistemas de iluminación natural, ofreciendo diferentes opciones de domos solares.

La serie solar master es la indicada para cubrir amplios espacios, otorgando los niveles de iluminación necesarios para la operación de las diferentes actividades del sector salud, comercial y educativo. El domo solar Sola Master 330 DS C es ideal en lugares donde se cuenta con falsos techos y paneles de yeso, permitiendo una fácil instalación por el tamaño de la caja de transición que convierte el tubo redondo Solatube (530 mm) en un difusor cuadrado de 600mm, esta serie puede iluminar un área de hasta $33[m]^2$ aproximadamente[26].

Ilustración 11. Solatube Master 330DS C.



Fuente: Tomado de [26]

Los 230 [m²] a iluminar en el edificio Roberto Serpa corresponden a 8,48 tubos solares de 33 [m²] aproximando para el diseño 9 tubos solares Sola Master 330DS C. A continuación se presenta las ventajas y desventajas de la implementación de tubos solares en el edificio Roberto serpa (Ver tabla n°21):

Tabla 21. Ventajas y desventajas de Tubos Solares

IMPLEMENTACIÓN DE TUBOS SOLARES EN EL EDIFICIO ROBERTO SERPA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Los costos de mantenimiento son casi nulos por su buen aislamiento térmico y de polvo dentro del domo. - El marco normativo y reglamentario está evolucionando para motivar la incorporación de sistemas no convencionales de energía en las nuevas construcciones. - La ubicación de Colombia con respecto a la línea del Ecuador, ocasiona una mayor incidencia solar comparado con otros países más alejados de ella. - La implementación del sistema de tubos solares da un aspecto moderno, sostenible y de confort a la edificación. - La edificación sería un ejemplo de las políticas sostenibles de la UIS para la repotenciación y construcción de nuevas edificaciones. - El costo de los tubos solares está disminuyendo gradualmente debido al aumento de la demanda de energía causado por el crecimiento y necesidades de la población. 	<ul style="list-style-type: none"> - El costo de su instalación, producción y diseños son altos debido a su entrada al mercado de los sistemas de iluminación. - Se requiere un mayor espacio para su instalación comparado con la luz artificial. Para el edificio Roberto Serpa la aplicación ocuparía la mitad del área de la terraza. - Una restricción importante en Colombia es la limitada oferta tecnológica disponible, causando la importación de la tecnología de otros países incrementando su costo debido a al pago de aranceles y costos de envío. - La intensidad de lúmenes no se encuentra en el rango permitido para el desarrollo de actividades médicas expuestas en el RETILAP. - La dependencia del sol no permite el uso del sistema en condiciones de baja radiación solar y en la noche, es necesario la implementación de un sistema de iluminación inmótico.

7.4 MONITORIZACIÓN DE EQUIPOS, CIRCUITOS Y CARGAS DE USO GENERAL

En la actualidad se ha avanzado significativamente en el campo de la medición eléctrica, diferenciando la medida del flujo de energía (contadores eléctricos) y la predicción y verificación del ahorro energético. Los sistemas de medición disponibles en el mercado incorporan diferentes programas de análisis que en general permiten:

- Registro de datos.
- Perfiles de carga de la instalación.
- Contrastar facturas con la compañía distribuidora.
- Elegir tarifa adecuada de consumo.
- Medida remota.
- Distorsiones y perturbaciones.

El siguiente cuadro resume la monitorización de energía eléctrica según la ubicación de los medidores, enfatizando la eficiencia de su instalación y la solución de problemas desde el punto de vista de ingeniería.

Ilustración 12. Monitorización Roberto Serpa



La monitorización adecuada para el edificio Roberto Serpa es la instalación de medidores en los circuitos ramales de los pisos primero y quinto por los equipos de cómputo, simulación y aires acondicionados instalados. Con esta medición se tendría una discriminación de la carga que facilita el análisis de su operación y al presentarse una falla. En los pisos segundo, tercero y cuarto la monitorización óptima es la instalación de medidores en los tableros de cada piso, las cargas instaladas no causan dificultades a la red eléctrica por el ambiente de operación que se desarrolla en estos pisos.

8. CONSULTA DE COSTOS DE LOS EQUIPOS DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS QUE TENGAN VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN BAJO EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE

En esta etapa se realizó un análisis de costos; este análisis contempla el costo de implementación, mantenimiento, ahorro energético y económico de las alternativas tecnológicas que puedan involucrarse en edificio Roberto Serpa, el costo de mantenimiento se calculó anualmente. Se contrastara el costo de diferentes alternativas para determinar la de mayor viabilidad económica.

La información detallada de cálculos y catálogos de equipos está disponible en el medio magnético con nombre de anexos digitales [35].

8.1 COSTOS DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

A continuación se presentan los costos de las diferentes alternativas tecnológicas a emplear.

8.1.1 Iluminación. El costo de los equipos para el sistema de iluminación natural en la edificación de la facultad de Salud se presenta en la siguiente tabla [26] (Ver tabla nº22):

Tabla 22. Costos de Tubos Solares

TUBOS SOLARES SOLAMASTER300DS	
PRECIO UNITARIO[\$]	1'251.884,00
CANTIDAD DE TUBOS	9
PRECIO TOTAL [\$]	11'266.956,00

La potencia de iluminación artificial instalada en el área seleccionada es de 4,72 [kW] y la operación del edificio es de 6 a.m. a 9 p.m. La tarifa de energía eléctrica para la UIS (cliente no regulado, entidad del estado) es de 288

[\$/kWh] generando un costo de 19.047,16 [\$/día] equivalente a 5'485.584,38 [\$/año].

Las horas de sol en la ciudad de Bucaramanga son de 9 a.m. a 4 p.m., con la implementación del sistema de iluminación permitirá un ahorro económico de 4.761,79 [\$/día] equivalente a 1'371.396,00 [\$/año]. El costo de inversión de la tecnología es de \$11'266.956,00 proyectando un tiempo de retorno alrededor de 9 años. El ahorro económico con la instalación de los tubos solares será de equivalente a 943.983,76 [\$/año].

El ahorro de potencia total con la instalación de tubos solares es alrededor del 5% de la potencia total de iluminación.

La instalación de la iluminación artificial es necesaria debido a trabajos desarrollados en horarios nocturnos o con baja intensidad solar.

En la siguiente tabla (Ver tabla n°23) se especifica los costos de implementación de un sistema de iluminación artificial LED amigable con el medio ambiente [36]:

Tabla 23. Costos de Implementación de Tecnología LED.

TUBO T5 18[W] LED CON SENSOR DE MOVIMIENTO	
PRECIO UNITARIO[\$]	87.560,00
CANTIDAD DE TUBOS	85
PRECIO TOTAL[\$]	7'442.600,00

El ahorro de potencia activa con la instalación de luminaria LED es alrededor del 3,5% de la potencia total de iluminación.

8.1.2 Complemento ventanales. La cotización de la implementación de telones motorizados por piso para el edificio Roberto Serpa se presenta en la siguiente tabla (Ver tabla n°24), los costos incluyen mano de obra y transporte [37]:

Tabla 24. Costos de Implementación de Complemento Ventanales

TELON ELÉCTRICO DINON 1,80 X 1,80 [m]C/ REMOTO INALÁMBRICO	
PRECIO UNITARIO [\$]	348.479,63
NÚMERO DE TELONES REQUERIDOS PISO 1	10
NÚMERO DE TELONES REQUERIDOS PISO 2	10
NÚMERO DE TELONES REQUERIDOS PISO 3	10
NÚMERO DE TELONES REQUERIDOS PISO 4	12
NÚMERO DE TELONES REQUERIDOS PISO 5	2
TOTAL TELONES	44
PRECIO TOTAL [\$]	15'333.103,72

8.1.3 Climatización. En la siguiente tabla se presenta la cotización de la implementación de persianas exteriores para el edificio Roberto Serpa, los costos no incluyen mano de obra y transporte (Ver tabla n°25) [38].

Tabla 25. Costos de Implementación de Persianas Exteriores

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE PERSIANAS EXTERIORES MARCA TK	
PERSIANAS	
PRECIO UNITARIO [\$/m ²]	156.600,00
LARGO [m]	20
ALTO [m]	2.5
ÁREA A CUBRIR [m ²]	50
PRECIO TOTAL [\$]	7'830.000,00

El ahorro de potencia activa con la instalación de Persianas es alrededor del 1% de la potencia total de climatización.

En la siguiente tabla se presenta la cotización de la implementación de aislante térmico para el edificio Roberto Serpa (Ver tabla nº26) [39]:

Tabla 26. Costos de Implementación de Aislante Térmico

AISLANTE TÉRMICO ACUSTICO DEXTON AL AGUA DE FÁCIL APLICACIÓN	
PRECIO UNITARIO [\$]	197.737,41
ÁREA TOTAL A PINTAR [m ²]	500
NÚMERO DE MANOS RECOMENDADAS	3
ÁREA DE PINTURA POR CUÑETE DE 20 LITROS[m ²]	100
TOTAL CUÑETES DE 20 LITROS	15
COSTO PINTORES [smV]	644.350
DURACION DE LA OBRA [Días]	30
PRECIO TOTAL [\$]	3'666.055,00

El ahorro de potencia activa con la aplicación de pintura térmica es alrededor del 1% de la potencia total de climatización.

El costo de implementación de cubierta verde para el edificio Roberto Serpa se presenta en la siguiente tabla (Ver tabla nº27), los costos no incluyen mano de obra y transporte, esta cotización fue realizada en base a la efectuada para el complejo de la E3T [25]:

Tabla 27. Costos Cubierta Verde

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CUBIERTA VERDE	
PRECIO UNITARIO[\$/m ²]	200.000
ÁREA A CUBRIR[m ²]	230
PRECIO TOTAL [\$]	46'000.000,00

8.1.4 Generación alternativa. La siguiente tabla presenta la cotización del sistema de generación solar tipo Grid Tie (Ver tabla nº28) [40]:

Tabla 28. Costos de Generación Alternativa

KIT SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 3 [kW] SENSSTECH S.A.	
PÁNELES	DUPONT 154W
NÚMERO DE PÁNELES	21
INVERSORES	VICTRON ENERGY
NÚMERO DE INVERSORES	3
PRECIO TOTAL[\$]	16'427.072,00

8.1.5 Monitorización. A continuación se presenta la cotización de los diferentes equipos para la monitorización del edificio Roberto Serpa (Ver tablas nº29, 30, 31, 32, 33 y 34) [41].

Tabla 29. Costos de Monitorización por Piso

MEDIDOR PM 5560 SCHNEIDER ELECTRIC POWER LOGIC SERIE 5000 PARA TABLEROS POR PISO	
PRECIO UNITARIO[\$]	7'294.000
NÚMERO DE PISOS A MONITORIZAR POR TABLERO	3
PRECIO TOTAL[\$]	21'882.000,00

Tabla 30. Costos de Monitorización por Circuito Ramal

MEDIDOR DE ENERGIA iEM3150 ACTI 9 EASY LOGIC	
PRECIO UNITARIO[\$]	3'916.000,00
NÚMERO DE CIRCUITOS RAMALES A MONITORIZAR	6
PRECIO TOTAL [\$]	23'496.000,00

Costos de Monitorizaciones no Consideradas

Por Transformador

Tabla 31. Costos de Monitorización por Transformador

MEDIDOR DE ENERGÍA PM 5560 SCHNIDER	
PRECIO UNITARIO[\$]	7'294.000,00
NÚMERO DE TRANSFORMADORES A MONITORIZAR	1
PRECIO TOTAL [\$]	7'294.000,00

Por Piso

Tabla 32. Costos de Monitorización por Piso

MEDIDOR DE ENERGÍA PM 5560 SCHNIDER	
PRECIO UNITARIO[\$]	7'294.000,00
NÚMERO DE PISOS A MONITORIZAR	5
PRECIO TOTAL [\$]	36'470.000,00

Por Circuito Ramal

Tabla 33. Costos de Monitorización por Circuito Ramal

MEDIDOR DE ENERGÍA PM 710 SCHNIDER	
PRECIO UNITARIO[\$]	3'916.000,00
NÚMERO DE CIRCUITOS RAMALES A MONITORIZAR	15
PRECIO TOTAL [\$]	58'740.000,00

Por Equipo

Tabla 34. Costos de Monitorización por Equipo

MEDIDOR DE ENERGÍA DM 6200 MULTIFUNCIÓN SCHNIDER	
PRECIO UNITARIO[\$]	860.000,00
NÚMERO DE EQUIPOS CONECTADOS A TOMAS REGULADAS	157
PRECIO TOTAL [\$]	135'020.000,00

8.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE COSTOS

En las siguientes tablas se presentan la confrontación de las diferentes alternativas para su selección de acuerdo a su ahorro económico y energético (Ver tablas n°35,36 y 37):

ILUMINACIÓN

Tabla 35. Contraste de Costos de Alternativas Tecnológicas de iluminación

ALTERNATIVA	COSTO DE EQUIPO [\$]	MANTENIMIENTO [\$]	POTENCIA DE AHORRO [kW/año]	AHORRO/AÑO [\$]
TUBOS SOLARES	11'266.956,00	200.000,00	7.076,34	2'037.985,32
TELONES ELÉCTRICOS	15'333.103,72	200.000,00	N/A	N/A
TUBOS LED	7'442.600,00	336.000,00	5.045,76	1'453.178,88

CLIMATIZACIÓN

Tabla 36. Contraste de Costos de Alternativas Tecnológicas de Climatización

ALTERNATIVA	COSTO DE EQUIPO [\$]	MANTENIMIENTO [\$]	POTENCIA DE AHORRO [kW/año]	AHORRO/AÑO [\$]
PINTURA TÉRMICA	3'666.055,00	150.000,00	1.595,24	459.429,12
CUBIERTA VERDE	46'000.000,0	500.000,00	13.482,81	3'883.049,28
PERSIANAS	7'830.000,00	200.000,00	1.996,72	575.055,36

GENERACIÓN ALTERNATIVA

Tabla 37. Contraste de Costos de Alternativas Tecnológicas de Generación

ALTERNATIVA	COSTO DE EQUIPO [\$]	MANTENIMIENTO [\$]	POTENCIA DE AHORRO [kW/año]	AHORRO/AÑO [\$]
SISTEMA FOTOVOLTAICO	16'427.072,00	524.000,00	8.640	2'488.320,00

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Todas las alternativas son rentables y brindan un ahorro económico considerable respecto a su implementación y tipo de ahorro. Se observa que el ahorro de energía y costo de implementación es proporcional en cualquiera de las alternativas. Los telones motorizados son necesarios por el fenómeno de deslumbramiento debido a los grandes ventanales y su arquitectura. La Generación Solar es la única alternativa viable para un ahorro económico y energético directo. Debido a que algunas tecnologías requieren espacio disponible en la terraza para su implementación, se consideran 2 opciones de alternativas híbridas.

Opción 1

Se sugiere la implementación de una cubierta verde por su capacidad de ahorro anual apoyado por un sistema automatizado de iluminación LED.

Costo de Implementación: \$85'202.775,72

Ahorro Energético Anual: 27.176,57[kW/año]

Ahorro Económico Anual: \$7'824.548,16

Retorno de inversión: 11 años

Opción 2

Se sugiere la implementación de persianas y la aplicación de la pintura térmica para disminuir el uso de los sistemas de aires acondicionados.

Se adiciona la implementación de un sistema de tubos solares para apoyar la iluminación en el quinto piso de la edificación.

Costo de Implementación: \$54'523.186,72

Ahorro Energético: 19.308,3[kW/año]

Ahorro Económico: \$5'560.790,4

Retorno de inversión: 10 años

9. CUANTIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA BAJO LOS CRITERIOS DEL DISEÑO EFICIENTE EN EL EDIFICIO ROBERTO SERPA DE LA FACULTAD DE SALUD

Esta etapa consistió en la aplicación de la herramienta de trabajo de grado en modalidad de investigación “Estudio Basado en el Uso Racional y Eficiente de la Energía para el Establecimiento de los Componentes Técnicos del Diseño de Proyectos Eléctricos Nuevos y Repotenciados de la UIS” de los estudiantes de ingeniería eléctrica Adriana Marcela Meneses Prado y Rodrigo Rafael Beltrán Vuelvas.

La información detallada de instrucciones de uso, documentación de equipos está disponible en el medio magnético con nombre de anexos digitales [35].

9.1 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA

NUMERAL	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENFOCADOS HACIA EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE PARA EDIFICIOS NUEVOS O REPOTENCIADOS DE LA UIS				
#	COMPONENTES	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA	REFERENCIA
1.	GENERALES				
1.1	¿El diseño eléctrico cumple a cabalidad las exigencias reglamentarias y puede obtener la certificación RETIE después de su ejecución?		x		5.3.1.1 Art. 44.6 RETIE
1.2	¿El diseño eléctrico fue detallado y concreto en los lineamientos establecidos para la ejecución de cada una de sus partes?			x	5.3.1.2
1.3	¿Los circuitos de cada tablero de distribución manejan carga independiente según su propósito?		x		5.3.1.3

NUMERAL	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENFOCADOS HACIA EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE PARA EDIFICIOS NUEVOS O REPOTENCIADOS DE LA UIS				
#	COMPONENTES	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA	REFERENCIA
2	CONDUCTORES				
2.1	¿Dependiendo de la naturaleza de cada acometida y alimentador, se cumplen los valores de regulación y pérdidas?		x		5.3.2, 5.3.2.1
3.	SELECCIÓN DE EQUIPOS				
3.1	¿Los equipos de iluminación están en el rango de eficiencia "A"?			x	5.3.3.1
3.2	Se seleccionó el transformador de potencia con nivel de eficiencia energética alto?			x	5.3.3.2
3.3	¿El rango de eficiencia energética de los motores implementados en el diseño es "A" o "B", o en su defecto EFF1 si el equipo fue fabricado en Europa?			x	5.3.3.3
3.4	¿El rango de eficiencia mínima de los equipos de aire acondicionados seleccionados fueron "A" o "B"?			x	5.3.3.4
3.5	¿Los equipos de ofimática especificados tienen calificación energética eficiente?			x	5.3.3.5

NUMERAL	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENFOCADOS HACIA EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE PARA EDIFICIOS NUEVOS O REPOTENCIADOS DE LA UIS				
#	COMPONENTES	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA	REFERENCIA
4.	TRANSFORMADORES DE POTENCIA				
4.1	¿Se dimensionaron transformadores secos con características de alta eficiencia y amigables con el ambiente?		x		5.3.4.2
5	MOTORES ELÉCTRICOS				
5.1	¿Se dimensionaron correctamente los motores a utilizar?			x	5.3.5.1
5.2	¿Se especificaron equipos para medición de las variables eléctricas de alimentación de los motores?			x	5.3.5.2
5.3	¿Se especificaron reguladores de velocidad en los motores de inducción?			x	5.3.5.3
5.4	¿Se especificaron motores de inducción trifásicos en lugar de monofásicos?			x	5.3.5.4
5.5	¿Se estableció el uso de arrancadores para los motores?			x	5.3.5.5
5.6	¿Se propuso un plan de mantenimiento para los motores?			x	5.3.5.6
6.	SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y CONTROL DE ILUMINACIÓN				
6.1	¿El diseño y los equipos cumplen con el RETILAP?	x			5.3.6.1

INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENFOCADOS HACIA EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE PARA EDIFICIOS NUEVOS O REPOTENCIADOS DE LA UIS					
NUMERAL	COMPONENTES	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA	REFERENCIA
6.2	¿Se especificaron balastos electrónicos de alta eficiencia, regulables y adaptables a dispositivos de control?	x			5.3.6.3
6.3	¿Se especificaron luminarias que permiten una distribución uniforme y eficiente de la luz?	x			5.3.6.4
6.4	¿Se realizó una descripción detallada de los equipos de iluminación utilizados en el diseño eléctrico?			x	5.3.6.5
6.5	¿El nivel de iluminancia para cada una de las áreas y ambientes del diseño es el máximo exigido por el RETILAP?	x			5.3.6.6
6.6	¿Se siguieron las recomendaciones en materia de iluminación de auditorios?			x	5.3.6.7
6.7	¿Se propuso un plan de mantenimiento detallado de las instalaciones y equipos de iluminación?			x	5.3.6.8
6.8	¿Se realizó un dimensionamiento del número de equipos por medio de un análisis cuantitativo?	x			5.3.6.9
6.9	¿El diseño de iluminación es innovador, sustentable y apoyado en software que permita la verificación de sus características ahorradoras?	x			5.3.6.10

NUMERAL	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENFOCADOS HACIA EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE PARA EDIFICIOS NUEVOS O REPOTENCIADOS DE LA UIS				
#	COMPONENTES	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA	REFERENCIA
6.10	¿Se utilizaron Dimmers o elementos para el ajuste de nivel de luz en el ambiente, así como equipos dimmerizables?			x	5.3.6.11
6.11	¿El diseño contempla la automatización de cortinas?			x	5.3.6.13
6.12	¿El diseño presenta independencia en circuitos de iluminación?		x		5.3.6.14
6.13	¿Se dispuso la distribución de luminarias para permitir el aprovechamiento de la luz natural?	x			5.3.6.15
6.14	¿Se especificó la sectorización de la iluminación con un análisis sustentado según el ambiente a iluminar?			x	5.3.6.16
6.15	¿Se especificaron sensores de luz y fotocélulas para lograr un sistema de regulación de la intensidad lumínica?			x	5.3.6.17 Sección 450 RETILAP
6.16	¿Se especificaron detectores de presencia considerando las características ocupacionales de los entornos?	x			5.3.6.18 Sección 450 RETILAP
6.17	¿Se especificaron interruptores temporizados considerando las dinámicas horarias de los entornos?			x	5.3.6.19 Sección 450 RETILAP
6.18	¿Se incluyó el plan de instalación de controles de iluminación automáticos para iluminación exterior?			x	5.3.6.20

NUMERAL	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENFOCADOS HACIA EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE PARA EDIFICIOS NUEVOS O REPOTENCIADOS DE LA UIS				
#	COMPONENTES	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA	REFERENCIA
6.19	¿Se prevé desde el diseño la utilización de lámparas de vapor de sodio de baja o alta presión, para iluminación exterior?			x	5.3.6.21
6.20	¿Se especificó la reducción de la altura de montaje de las lámparas que se encuentran muy elevadas?			x	5.3.6.22
6.21	¿Se realizó un diseño sustentado por cálculos y software, a las instalaciones de iluminación exterior?			x	5.3.6.23
6.22	¿Se dimensionó un sistema de gestión automático de iluminación (SACI) en el diseño?			x	5.3.6.24
6.23	¿Se realizó el diseño de la iluminación de emergencia?	x			5.3.6.25, sección 470 RETILAP
6.24	¿Se Especificaron fuentes de iluminación LED para alumbrado interior y exterior?			x	5.3.6.26.1
6.25	¿Se especificaron los elementos de protección de los equipos y se usaron elementos reguladores?			x	5.3.6.26.2
6.26	¿Se consideró la mejor configuración de instalación de los LED de acuerdo a las necesidades lumínicas?			x	5.3.6.26.3
6.27	¿Se dispusieron lámparas LED para el diseño de sistemas de alumbrado de emergencia?			x	5.3.6.26.4

NUMERAL	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENFOCADOS HACIA EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE PARA EDIFICIOS NUEVOS O REPOTENCIADOS DE LA UIS				
#	COMPONENTES	CUMPLE	NO CUMPL E	NO APLICA	REFERENCIA
6.28	¿Se especificaron detalladamente las características los elementos, su funcionamiento, restricciones técnicas y de operación, dispositivos compatibles?			x	5.3.6.26.5
7.	CLIMATIZACIÓN				
7.1	¿Se independizaron los circuitos de los aires acondicionados con conductores y dispositivos de protección adecuados?	x			5.3.7.2
7.2	¿Si se prevé la instalación en el exterior de los equipos de aire acondicionado, se situaran en una zona con buena circulación de aire y protegido de los rayos del sol?			x	5.3.7.3
7.3	¿Se especificaron los termostatos en el sistema de aire acondicionado?	x			5.3.7.4
7.4	¿Se evitó especificar la ubicación equipos que emitan calor cerca del sitio donde se prevea colocar el termostato del aire acondicionado?	x			5.3.7.5
7.5	¿Se zonificaron los entornos a climatizar?	x			5.3.7.6
7.6	¿Se diseñaron espacios bajo el concepto de arquitectura bioclimática?			x	5.3.7.7
7.7	¿Se implementaron Cubiertas Verdes en las azoteas del edificio?			x	5.3.7.8

NUMERAL	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENFOCADOS HACIA EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE PARA EDIFICIOS NUEVOS O REPOTENCIADOS DE LA UIS				
#	COMPONENTES	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA	REFERENCIA
8	SISTEMA DE GESTIÓN Y CONTROL INTEGRADO DE EDIFICACIONES				
8.1	¿Se utilizaron equipos que manejan diferentes protocolos de comunicación?			x	5.3.8.1
8.2	¿Se utilizaron analizadores de red o elementos de medición con capacidad de integrarse a un BMS?			x	5.3.8.2
8.3	¿Se utilizaron equipos en los tableros de distribución con capacidad de control y tele medida?			x	5.3.8.3
8.4	¿Se dimensiona un centro de gestión remoto o espacio con interfaces adecuadas para el monitoreo de las distintas cargas y circuitos ramales?			x	5.3.8.4
8.5.1	¿Se siguieron las recomendaciones en materia de implementación de un control de iluminación por medio de una plataforma integral de gestión?	1		x	5.3.8.5
8.5.2		2		x	5.3.8.5
8.5.3		3		x	5.3.8.5
8.5.4		4		x	5.3.8.5
8.5.5		5		x	5.3.8.5
8.6.1	¿Se siguieron las recomendaciones en materia de implementación de un control de cargas de climatización por medio de una plataforma integral de gestión?	1		x	5.3.8.6
8.6.2		2		x	5.3.8.6
8.6.3		3		x	5.3.8.6

NUMERAL	INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ENFOCADOS HACIA EL DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE PARA EDIFICIOS NUEVOS O REPOTENCIADOS DE LA UIS				
#	COMPONENTES	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA	REFERENCIA
8.7	¿Se siguieron las recomendaciones en materia de monitoreo y gestión de demanda por medio de una plataforma integral de gestión?			x	5.3.8.7
9.	CALIDAD DE LA ENERGÍA				
9.1	¿Se especificaron aparatos para medir parámetros para calidad de la energía?			x	5.3.9.1
10.	RAEE				
10.1	¿Se realizó el diseño teniendo en cuenta el impacto ambiental de los productos?	x			5.3.10.1
10.2	¿Se especificó la utilización equipos con vida de útil extensa, última tecnología y con componentes de fácil sustitución?			x	5.3.10.2
10.3	¿Se seleccionaron proveedores con un programa de gestión y control final de los equipos?			x	5.3.10.3
10.4	¿Se realizó un análisis mínimo cuantitativo de los AEE necesarios a utilizar en el diseño?			x	5.3.10.4
11.	ENERGÍAS RENOVABLES				
11.1	¿Se incorporó en el diseño un sistema de energía solar fotovoltaica como sistema complementario para suministrar energía a un porcentaje de la carga del diseño?			x	5.3.11.1 Sección 590 NTC 2050

9.2 CUANTIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA

Con la información suministrada por el interventor de la obra no se permite evaluar de forma completa la herramienta; no se tiene información de algunos parámetros del sistema eléctrico.

En la siguiente grafica se presenta los resultados cuantitativos de la aplicación de la herramienta al edificio Roberto Serpa de la facultad de Salud, se sumaron todas las marcaciones donde cumplían, no cumplían o no era aplicable el parámetro evaluado. La herramienta consta de 70 parámetros que definen la eficiencia de cualquier edificación nueva o repotenciada (Ver grafica n°13).

Ilustración 13. Resultado Herramienta



Los resultados obtenidos reflejan la falta de información y de especificaciones de diseño eléctrico eficiente por parte de la contratación de la UIS. El 73% de parámetros no se aplicaron debido a que no se contaba con información o el parámetro no se tuvo en cuenta en las condiciones finales del proyecto. El 6% de no cumplimiento de los criterios de la herramienta refleja falta de

compromiso con el ahorro energético y el 21% cumple con los criterios expuestos en la herramienta, proporcionando un uso eficiente que se verá reflejado en un ahorro económico y energético.

9.3 OBSERVACIONES

9.3.1 Generales.

COMPONENTE 1.1

- El contratista realizó un estudio de riesgos eléctricos teniendo en cuenta factores como el flujo de personas, altura y funcionamiento del edificio Roberto Serpa; los resultados de este estudio determinaron que el riesgo de fuego no es alto, la implementación de un sistema integral de protección contra rayos no es necesaria en la edificación. Se recomienda instalar un sistema de DPS para disminuir los riesgos en caso de presentarse alguna eventualidad, además de señalizar zonas de peligro, extintores y rutas de evacuación.
- Las simulaciones suministradas cumplen con los niveles de luminosidad descritos en la NTC2050 y en el RETILAP. Las luminarias utilizadas en la simulación no corresponden a las instaladas en el edificio.
- No está disponible la información detallada de los cálculos de pérdidas eléctricas, sistema de puesta a tierra, canalización, justificación técnica de desviación de parámetros de diseño y especificaciones adicionales.

COMPONENTE 1.2

- No está disponible la información sobre el cronograma, ejecución y recursos de los trabajos realizados en la obra.

COMPONENTE 1.3

- Los circuitos ramales del edificio Roberto Serpa se encuentran organizados de forma independiente para cada piso de la edificación. Los

circuitos se dividen en: circuito para aires acondicionados, sistema regulado y circuito de fuerza e iluminación.

9.3.2 Conductores.

COMPONENTE 2.1

- Para los cálculos de regulación en instalaciones eléctricas el valor máximo de caída de tensión para un circuito desde el tablero de distribución principal hasta el punto más lejano de la instalación no debe exceder el 3%, este valor está definido en la NTC 2050 sección 100. Al observar la información suministrada por el contratista el valor de regulación del cuadro de cargas muestra varios circuitos que exceden este límite. No hay memoria de cálculo en donde se pueda corroborar el cálculo realizado por parte del diseñador.
- En el cuadro de cargas se recomienda anexar las pérdidas en los conductores y el código de colores a implementar.

Referencia archivo Excel Cuadro de Cargas suministrado por el contratista.

9.3.3 Selección de equipos.

COMPONENTE 3.1

- No está disponible la información de la etiqueta energética de los equipos, impidiendo conocer su rango de eficiencia.
- El equipo de iluminación instalado en la edificación es de tipo fluorescente y de bajo consumo, proporcionando un ahorro energético y baja emisión de CO₂ a la atmosfera.
- Se renovaron las luminarias que se encontraban instaladas en el primer y segundo piso por lámparas con las mismas especificaciones eléctricas de las instaladas en los pisos tercero, cuarto y quinto.

COMPONENTE 3.2

- No está disponible la información normalizada de los parámetros eléctricos del transformador, donde se indica la eficiencia y valores de operación.

COMPONENTE 3.3

- El sistema eléctrico de la edificación no tuvo en cuenta la implementación de motores eléctricos; no es necesario evaluar este parámetro.

COMPONENTE 3.4

- No está disponible la información de la etiqueta energética de los sistemas de aires acondicionados impidiendo evaluar este parámetro. Se realizó la búsqueda de esta información de acuerdo a la referencia de los equipos en la página web de fabricante, encontrando solo información para su operación.

COMPONENTE 3.5

- No está disponible la información de la etiqueta energética de los equipos de ofimática, impidiendo conocer su rango de eficiencia.
- En el diseño definitivo de la repotenciación del edificio no se tuvo en cuenta el funcionamiento de salas de informática ubicadas en el primer piso, estos espacios estaban destinados como aulas de aprendizaje; este cambio se realizó en el transcurso de la repotenciación. Los dispositivos de ofimática instalados en las salas de informática no fueron adquiridos recientemente por la UIS, las especificaciones técnicas de estos equipos no se encuentran disponibles.

9.3.4 Transformadores de potencia.

COMPONENTE 4.1

- El transformador de potencia a instalar en la subestación encapsulada del edificio Roberto Serpa es de tipo aceite, el cual no cumple con el parámetro de evaluación de la herramienta. La UIS no especifica en las condiciones de diseño de edificios nuevos y repotenciados la utilización de transformadores secos; cuyas características son eficientes y no contaminan el medio ambiente (referencia NTC 3654 y NTC 3445).

9.3.5 Motores eléctricos.

COMPONENTE 5

- No se tuvo en cuenta la implementación de motores eléctricos en la edificación; no es posible evaluar los parámetros de la herramienta enfocados en el dimensionamiento de carga, equipos de medición, reguladores, arrancadores y planes de mantenimiento en los motores.

9.3.6 Sistemas de iluminación y control de iluminación.

COMPONENTE 6.1

- El diseño eléctrico y los equipos utilizados en la repotenciación del edificio Roberto Serpa cumplen con los requerimientos técnicos expuestos en RETIE y RETILAP.

COMPONENTE 6.2

- Los balastos electrónicos instalados en la repotenciación son de alta eficiencia, bajos armónicos (menor al 10%) y factor de potencia mayor a 0,95 atraso (T5).

COMPONENTE 6.3

- Las luminarias utilizadas en el diseño eléctrico se ajustan a las necesidades de operación de cada uno de los espacios de la edificación, son lámparas comerciales que ofrecen una distribución uniforme y eficiente de la luz.

COMPONENTE 6.4

- La información suministrada por el contratista de los equipos eléctricos utilizados en la repotenciación del edificio no es detallada, solo especifica su referencia, fabricante y potencia eléctrica del equipo.

COMPONENTE 6.5

- Las simulaciones entregadas por el contratista cumplen con los niveles exigidos en la tabla 440.1 Niveles de iluminancia y deslumbramiento del RETILAP, de acuerdo a las actividades que se desarrollan en cada uno de los espacios de la edificación

COMPONENTE 6.6

- En el diseño de la repotenciación del edificio no tuvo en cuenta la construcción de auditorio, este parámetro no se puede evaluar.

COMPONENTE 6.7

- No está disponible la información sobre el mantenimiento de las instalaciones eléctricas y equipos de iluminación, este parámetro no se puede evaluar.

COMPONENTE 6.8

- Las simulaciones entregadas por el contratista indican el número de luminarias utilizadas para cumplir los requerimientos de luminosidad exigidos en el RETILAP.

COMPONENTE 6.9

- Los equipos eléctricos utilizados en la repotenciación del edificio son innovadores, eficientes y sostenibles. Mediante el software DIALUX se verificó las características de las luminarias.

COMPONENTE 6.10

- No se especificó el uso de dimmer ni equipos dimmerizables en el diseño eléctrico de la repotenciación del edificio.

COMPONENTE 6.11

- No se especificó la instalación de cortinas eléctricas en el edificio.

COMPONENTE 6.12

- El circuito ramal de iluminación está compartido con circuitos de fuerza.

COMPONENTE 6.13

- Los espacios arquitectónicos del edificio Roberto Serpa cuentan con grandes ventanales; las luminarias se ubicaron de forma tal que la luz se distribuya uniformemente y se aproveche al máximo la luz natural.

COMPONENTE 6.14

- No está disponible la información de cómo se realizó la sectorización de la iluminación, este parámetro no se puede evaluar.

COMPONENTE 6.15

- No se contempló en el diseño eléctrico de la repotenciación del edificio la instalación de sensores de luz y fotocélulas para regular la intensidad lumínica.

COMPONENTE 6.16

- Se contempló en el diseño eléctrico de la repotenciación la instalación de sensores de presencia para regular el uso eficiente de energía.

COMPONENTE 6.17

- No se especificó interruptores temporizados en el diseño eléctrico de la repotenciación del edificio.

COMPONENTE 6.18

- No se especificó en el diseño eléctrico de la repotenciación la aplicación de control automático para la iluminación exterior, este parámetro no se puede evaluar.

COMPONENTE 6.19

- No se especificó la utilización de lámparas de vapor de sodio para iluminación exterior en el diseño eléctrico de la repotenciación, este parámetro no puede evaluarse.

COMPONENTE 6.20

- No se especificó la reducción de la altura para las lámparas que se encuentran muy elevadas en el diseño eléctrico de la repotenciación, este parámetro no puede evaluarse.

COMPONENTE 6.21

- No se tiene información de los cálculos y simulación de la iluminación exterior, este parámetro no se puede evaluar.

COMPONENTE 6.22

- No se especificó un sistema de gestión automático de iluminación en el diseño eléctrico de la repotenciación del edificio.

COMPONENTE 6.23

- El edificio tiene instalado un sistema de iluminación de emergencia, no está disponible la información de los cálculos y el diseño de este sistema.

COMPONENTE 6.24

- El diseño eléctrico de la repotenciación del edificio no contemplo el uso de lámparas LED, no puede evaluarse los parámetros enfocados al uso de estas lámparas.

9.3.7 Climatización.

COMPONENTE 7.1

- Se especificó un circuito independiente para los aires acondicionados, los conductores y protecciones se calcularon de acuerdo a la capacidad de los equipos y bajo los lineamientos de la NTC2050 Y RETIE.

COMPONENTE 7.2

- No se especificó la instalación de aires acondicionados en el exterior de la edificación.

COMPONENTE 7.3

- Los equipos de aires acondicionados instalados en la edificación cuentan con termostatos internos para regular su operación.

COMPONENTE 7.4

- La ubicación de los termostatos se hizo teniendo en cuenta que ningún otro elemento interfiriera con su medición.

COMPONENTE 7.5

- El diseño eléctrico de la repotenciación contemplo los entornos a climatizar como aulas, laboratorios, sala de juntas y administración.

COMPONENTE 7.6

- No se especificó en el diseño de la repotenciación el concepto de arquitectura bioclimática.

COMPONENTE 7.7

- El diseño de la repotenciación del edificio no contemplo la instalación de cubierta verde en terraza de la edificación.

9.3.8 Sistema de gestión y control integrador de edificaciones.

COMPONENTE 8.1

- No se especificó en el diseño de la repotenciación la utilización de un sistema de monitorización central mediante el uso de software de mando; el cual permite controlar la red eléctrica, datos, seguridad y control de espacios.

COMPONENTE 8.2

- No se especificó en el diseño de la repotenciación la instalación de analizadores de red o elementos de medición con capacidad de integrarse a un sistema BMS (Building Management System-Sistema de Gestión de Edificaciones) para el control de la monitorización.

COMPONENTE 8.3

- No se especificó en el diseño de la repotenciación la instalación de equipos con capacidad de control y tele medida en los tableros de distribución debido a sus costos e instalación.

COMPONENTE 8.4

- No se especificó en el diseño de la repotenciación la implementación de un sistema de control supervisado con equipos necesarios para su fin (Según capacidad, memoria, interfaz, variables de control, necesidades de hardware y software, protocolo de comunicación), así como la infraestructura que permita su correcta operación.

COMPONENTE 8.5

- No se especificó en el diseño de la repotenciación el diseño de una plataforma de gestión integral para el control de la iluminación exterior e interior de la edificación.

COMPONENTE 8.6

- No se especificó en el diseño de la repotenciación el diseño de un sistema de gestión integral para el control de la climatización del edificio.

COMPONENTE 8.7

- No se especificó en el diseño de la repotenciación la implementación de un sistema de gestión integral, que permitiera la monitorización en tiempo real del consumo energético de la edificación.

9.3.9 Calidad de la energía.

COMPONENTE 9.1

- No se especificó en el diseño de la repotenciación el uso de equipos para la medición de parámetros de la energía eléctrica.

9.3.10 RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos).

COMPONENTE 10.1

- En el estudio del impacto ambiental realizado en la edificación se planteó la metodología de manejo de residuos, evaluación de impactos ambientales, lineamientos de plan ambiental y aspectos generales en aportes ambientalistas en diseño, ejecución de obra y proyección a largo plazo. Se recomienda añadir a este estudio las políticas RAEE especificando el ciclo de vida, fecha de fabricación, transporte, uso y capacidad de reciclado de los aparatos eléctricos y electrónicos.

COMPONENTE 10.2

- No se tiene información de la vida útil y operación de los equipos nuevos instalados en el edificio, no puede evaluar este parámetro.

COMPONENTE 10.3

- No se especificó en las condiciones finales de la repotenciación el diseño un plan post consumo, el cual puede ser suministrado por las entidades proveedoras de los equipos o como sugerencia del diseñador del proyecto.

COMPONENTE 10.4

- No se especificó en las condiciones finales de la repotenciación la realización de un análisis mínimo cuantitativo de los AEE.

9.3.11 Energía renovables.

- No se especificó en las condiciones finales de la repotenciación la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaico.

9.4 OBSERVACIONES DEL USO DE LA HERRAMIENTA

La aplicación de la herramienta “El Estudio Basado en el Diseño Eléctrico Eficiente para el Establecimiento de los Componentes Técnicos del Diseño de Proyectos Eléctricos Nuevos y Repotenciados de la UIS” es aplicable a cualquier edificio de la UIS con el fin de evaluar políticas basadas en el Diseño Eléctrico Eficiente.

Se realizaron las siguientes observaciones con respecto al uso de la herramienta:

- La herramienta es ideal para el diseño eléctrico de edificios nuevos y repotenciados bajo el enfoque de diseño eficiente, proporcionando políticas de uso y reformas a un mediano y largo plazo para hacer uso eficiente de la energía.
- La herramienta es estricta en la implementación a edificaciones con mayores sistemas automatizados como por ejemplo el Centic o el complejo E3T.
- Se recomienda ampliar o segmentar los ítems de evaluación, brindando un mayor rango de aplicación de la herramienta.
- Se recomienda una plataforma más didáctica para la aplicación de la herramienta.

9.5 SOLUCIONES DE INGENIERÍA

En la siguiente tabla se presentan varias alternativas de ingeniería para incrementar el porcentaje de cumplimiento de la herramienta, brindando un ahorro energético con solo modificaciones básicas y organización (Ver tabla nº38):

Tabla 38. Soluciones de Ingeniería

CERTIFICACIÓN	Las certificaciones como el RETIE o RETILAP eliminan cualquier responsabilidad del contratista y a la UIS al presentarse cualquier eventualidad; se recomienda que el edificio Roberto Serpa cuente con los caculos de pérdidas eléctricas, sistema de puesta a tierra, canalización, justificación técnica de desviación de parámetros de diseño y especificaciones adicionales para lograr su certificación.
DISEÑO	En los parámetros de diseño eléctrico del edificio Roberto Serpa se deben tener en cuenta el uso de energías no convencionales para involucrar políticas de URE.
SELECCIÓN DE EQUIPOS	La UIS debe exigir en la compra de equipos nuevos sus especificaciones técnicas y de etiqueta energética, brindando la posibilidad de operarlos bajo condiciones de mayor eficiencia sin poner en riesgo su vida útil.
ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS	Las nuevas tecnologías en el área de iluminación y climatización son aplicables en el edificio Roberto Serpa dado su ubicación y localización en la ciudad de Bucaramanga.
CONTROL	Se sugiere la implementación de un sistema simple de gestión y control integrador de la edificación para los laboratorios de simulación y salas de informática, obteniendo resultados de tele medida, seguridad y organización de las actividades.
AUTOMATIZACIÓN	La automatización de los circuitos de fuerza e iluminación permiten una óptima operación logrando con esto un uso eficiente de energía.
RAEE	Se recomienda la publicación y socialización de un plan de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos por parte de la UIS, basándose en las normativas ambientales vigentes en el país.
CALIDAD DE ENERGÍA	La implementación de medidores en los circuitos ramales del primer y quinto piso permitirá la monitorización de los armónicos producidos por los laboratorios de simulación y salas de informática.

El seguimiento de las recomendaciones emitidas para el edificio Roberto Serpa incrementara el porcentaje de cumplimiento en un rango del 15 al 25% de los resultados obtenidos anteriormente, proporcionando una edificación sostenible y ahorradora de energía.

10. CONCLUSIONES

La clasificación de las cargas significativas y sensibles ubicadas en los diferentes espacios de la edificación permitió caracterizar la carga total, proporcionando la capacidad de carga del transformador en un 76,43% asumiendo una reserva para futuras cargas a instalar.

La segmentación de circuitos se debe realizar de forma independiente, clasificando las cargas de mayor consumo, iluminación y circuitos de fuerza. El sistema de climatización del edificio Roberto Serpa representa el 29% de capacidad del transformador, es necesario aplicar las alternativas tecnológicas planteadas bajo el diseño eficiente para disminuir el consumo de energía.

Se analizaron diversas alternativas tecnológicas para implementar en el edificio Roberto Serpa basadas en el diseño eléctrico eficiente. La implementación de cubierta verde optimizaría la climatización del edificio en un 30%, dado que se racionaliza el uso de aires acondicionados reflejándose en un ahorro energético. Para complementar esta alternativa es necesario instalar persianas exteriores para que los rayos solares no incidan directamente en los espacios arquitectónicos e influyan en el aumento de la temperatura.

La implementación de nueve tubos Sola master 330DS en el área de $230 m^2$ del costado oriental de la edificación beneficiara las áreas administrativas del quinto piso; brindara sostenibilidad e innovación de la edificación, es una inversión a mediano plazo y tendrá una tasa de retorno de aproximadamente siete años.

La monitorización adecuada para el edificio Roberto Serpa es la instalación de medidores en los circuitos ramales de los pisos primero y quinto por los equipos de cómputo, simulación y aires acondicionados instalados. Con esta

medición se tendría una discriminación de la carga, facilitando el análisis de operación y encontrar una falla presente. En los pisos segundo, tercero y cuarto la monitorización óptima es la instalación de medidores en los tableros de cada piso, las cargas instaladas no causan dificultades a la red eléctrica por el ambiente de operación que se desarrolla en estos pisos.

Los costos de implementación de las alternativas tecnológicas para un diseño eléctrico eficiente son elevadas con respecto a los dispositivos convencionales. Se debe realizar una óptima caracterización del sistema acompañada con las necesidades de operación del ambiente arquitectónico donde se desea emplear la tecnología, proporcionando un uso eficiente de la energía que se verá en reflejado en el costo de sostenimiento de la edificación devolviendo la inversión ejecutada.

La implementación eficiente de alternativas tecnológicas se ajustan a un sistema híbrido, contemplando la tecnología óptima referida a cada uno de los aspectos donde se ahorre energía (Climatización, Iluminación, Generación Directa y Consumo).

Los resultados de la aplicación de la herramienta reflejan un 73% de no aplicación en el diseño eléctrico eficiente para la repotenciación del edificio Roberto Serpa, debido a la no disponibilidad de información y de especificaciones de diseño por parte de la UIS. El 6% de no cumplimiento de los criterios de la herramienta muestran la falta de compromiso con el ahorro energético. El 21% del sistema eléctrico de la edificación cumple con los criterios expuestos de la herramienta, proporcionando un uso eficiente de energía que se verá reflejado en el costo de sostenimiento de la edificación.

Para la aplicación de la herramienta enfocada bajo los criterios de diseño eléctrico eficiente se debe contar con la información detallada de memorias de cálculos, planos y observaciones hechas por el diseñador; esto permitirá la

evaluación de manera eficiente y un análisis de posibles soluciones de ingeniería dirigidas a aumentar el porcentaje de cumplimiento de los parámetros de la herramienta.

El edificio se encuentra en etapa final de repotenciación y es necesario realizar diferentes estudios eléctricos en la operación; estos permitirán realizar un análisis de los diferentes parámetros de calidad de la red para efectuar compensaciones si son necesarias para dar cumplimiento a los límites de calidad exigidos por la CREG.

La UIS en el desarrollo de proyectos para la construcción o repotenciación de edificios del alma mater incluye políticas basadas en procesos sostenibles. Estas políticas se están incluyendo paulatinamente gracias a los resultados obtenidos en el complejo de la E3T, siendo este edificio un referente de edificación sostenible y ahorro económico.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Consumo Eléctrico subirá 70% hacia 2035”, Noviembre 2012. [En línea]
<http://www.cnnexpansion.com/economia/2012/11/12/consumo-electrico-subira-70-hacia-2035>
- [2] “Uso Racional y Eficiente de la Energía”, Enero 2013. [En línea]
<http://didacty.blogspot.com/>
- [3] “Política Energética de China”, Agosto 2014. [En línea]
http://es.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADtica_energ%C3%A9tica_de_China
- [4] “Energías Renovables en Alemania”, Septiembre 2014. [En línea]
http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADas_renovables_en_Alemania
- [5] “Jepírachi: una experiencia con la comunidad indígena Wayuu de la Alta Guajira colombiana”, Febrero 2011. [En línea]
<http://www.epm.com.co/site/documentos/mediosdecomunicacion/publicacionesimpresas/jepirachi/LibroJepirachienespanol.pdf>
- [6] Repositorio UIS, “Estudio Basado en el Uso Racional y Eficiente de la Energía para el Establecimiento de los Componentes Técnicos del Diseño de Proyectos Eléctricos Nuevos y Repotenciados de la UIS”, Agosto 2012.
[En línea]
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/3054/2/144195.pdf>
- [7] Ministerio de Minas y Energía “Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, Sección 120 Definiciones y Abreviaturas.”, Marzo 2010. [En línea]
<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevisitas/7853.pdf>
- [8] Certificado de Eficiencia Energética, “¿Qué es la etiqueta Energética?”, Junio 2013. [En línea]

<http://certificadodeeficienciaenergetica.com/etiqueta-energetica-edificios-caduca>

- [9] “Inmótica”, Octubre 2013. [En línea]
<http://es.wikipedia.org/wiki/Inm%C3%B3tica>
- [10] Ministerio de Minas y Energía, “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013, Artículo 3 Definiciones”, Septiembre 2013. [En línea]
http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/RETIE/REGLAMENTO_Retie2013mini.pdf
- [11] Secretaria del Senado, “Ley 697 de 2001”, Octubre 2001. [En línea]
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2001/ley_0697_2001.html
- [12] DeploSun Tubos de Luz, “¿Qué es un Conducto de Luz?”, Octubre 2001. [En línea]
http://www.espaciosolar.com/preguntas_tubo_de_luz.htm
- [13] Yahoo, “Qué se entiende por Energía Eléctrica y Energía Térmica?”, Marzo 2007. [En línea]
<https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080317092123AAMw6fV>
- [14] Definiciones, “Definición de Jerarquía”, Julio 2007. [En línea]
<http://www.definicionabc.com/general/jerarquia.php#ixzz32IZWMGH>
- [15] Norma Técnica Colombiana NTC 5001, “Calidad de la Potencia Eléctrica, Límites y Metodología de Evaluación en Punto de Conexión”, Junio 2008. [En línea]
<http://tienda.icontec.org/brief/NTC5001.pdf>
- [16] UDG, “Espacios de Aprendizaje en Educación Superior”, Noviembre 2010. [En línea]
<http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura3/article/view/138/153>
- [17] Wikipedia, “Administración”, Octubre 2012. [En línea]

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Administraci%C3%B3n>
- [18] “Repotenciación de Edificaciones Existentes”, Septiembre 2011. [En línea]
<http://prezi.com/gdebz0t5ik67/repotenciacion-de-edificaciones-existentes/>
- [19] CATER, “Energía Segura en instalaciones eléctricas Eficientes Cargas críticas y cargas sensibles”, Marzo 2011. [En línea]
http://www.caterdevice.com/descargas/CaterDeviceSA_Energ%C3%ADa_Segura_en_Instalaciones.pdf
- [20] “Tecnologías Alternativas”, Abril 2010. [En línea]
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Tecnologias-Alternativas/198209.html>
- [21] “Circuitos Ramales”, Noviembre 2010. [En línea]
<https://es.scribd.com/doc/7848179/CIRCUITOS-RAMALES>
- [22] “Eficiencia Energética”, Septiembre 2014. [En línea]
http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica
- [23] “Monitoreo”, Mayo 2009. [En línea]
<http://definicion.de/monitoreo/>
- [24] “Norma Técnica Colombiana”, Noviembre 1998. [En línea]
http://ingenieria.bligoo.com.co/media/users/19/962117/files/219177/NTC_2050.pdf
- [25] Repositorio UIS, “Uso Racional de la Energía a partir del Diseño de Aplicaciones Sostenibles en el Edificio Eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander”, Diciembre 2011. [En línea]
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/handle/123456789/8041>
- [26] Repositorio UIS, “Diseño del Sistema de Iluminación basados en Tubos Reflectantes para el Último Nivel de la Reforma del Edificio de la E3T”, Diciembre 2012. [En línea]
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/handle/123456789/3058>
- [27] Sistema de Información Energética y Energías Alternativas, “Calidad de la Energía Eléctrica”, Julio 2007. [En línea]
<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf>

- [28] Visita realizada al campus principal de la Universidad Industrial de Santander donde se encuentra ubicado el complejo de la E3T, abril 2014.
- [29] “¿Qué pinturas son totalmente Reflectantes?”, Marzo 2012. [En línea]
http://www.ehowenespanol.com/pinturas-son-totalmente-reflectantes-info_252228/
- [30] Portal de Energías Renovables, “Los pozos canadienses y provenzales, geotermia de baja potencia”, Julio 2014. [En línea]
<http://www.sitiosolar.com/los-pozos-canadienses-y-provenzales-geotermia-de-baja-potencia/>
- [31] Solar Web.Net, “Aero termia con pozo Canadiense”, Mayo 2012. [En línea]
<http://www.solarweb.net/forosolar/aerotermia/28463-aerotermia-pozo-canadiense.html>
- [32] OpenCourseWare de la UNIA, “Introducción a los Sistemas Fotovoltaicos”, Mayo 2012. [En línea]
http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/disenio-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema1/skinless_view
- [33] Monografías, “Tecnología LED”, Agosto 2013. [En línea]
<http://www.monografias.com/trabajos82/ensayo-tecnologia-led/ensayo-tecnologia-led.shtml>
- [34] Mi LED, “Tubo LED 9w 60cm Blanco”, julio 2014. [En línea]
<http://www.miled.es/tubos-c-25.html>
- [35] Anexos Digitales Medio Magnético, septiembre 2014.
- [36] Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Tubos t8_18w_ledconsensordemovimiento”, septiembre 2014.
- [37] Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Teloneléctrico_dilonfiles”, septiembre 2014.
- [38] Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Persianas TK”, septiembre 2014.
- [39] Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Pintura_KRAFFT”, septiembre 2014.

- [40] Anexos Digitales Medio Magnético, Catálogos/E_series_datasheet_paneles”, septiembre 2014.
- [41] Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Lista_p_2014_Schneider”, septiembre 2014.

BIBLIOGRAFIA

Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ E_series_datasheet_paneles”, septiembre 2014.

Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Lista_p_2014_Schneider”, septiembre 2014.

Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Persianas TK”, septiembre 2014.

Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Pintura_KRAFFT”, septiembre 2014.

Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Teloneléctrico_dilonfiles”, septiembre 2014.

Anexos Digitales Medio Magnético, “Catálogos/ Tubos t8_18w_ledconsensordemovimiento”, septiembre 2014.

CATER, “Energía Segura en instalaciones eléctricas Eficientes Cargas críticas y cargas sensibles”, Marzo 2011. [En línea]
http://www.caterdevice.com/descargas/CaterDeviceSA_Energ%C3%ADaSegura_en_Instalaciones.pdf

Certificado de Eficiencia Energética, “¿Qué es la etiqueta Energética?”, Junio 2013. [En línea] <http://certificadodeeficienciaenergetica.com/etiqueta-energetica-edificios-caduca>

Circuitos Ramales, Noviembre 2010. [En línea]
<https://es.scribd.com/doc/7848179/CIRCUITOS-RAMALES>

Consumo Eléctrico subirá 70% hacia 2035”, Noviembre 2012. [En línea]
<http://www.cnnexpansion.com/economia/2012/11/12/consumo-electrico-subira-70-hacia-2035>

Definiciones, “Definición de Jerarquía”, Julio 2007. [En línea]
<http://www.definicionabc.com/general/jerarquia.php#ixzz32IZWMGH>

DeploSun Tubos de Luz, “¿Qué es un Conducto de Luz?”, Octubre 2001. [En línea]
http://www.espaciosolar.com/preguntas_tubo_de_luz.htm

Eficiencia Energética, Septiembre 2014. [En línea]
http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica

Energías Renovables en Alemania”, Septiembre 2014. [En línea]
http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADas_renovables_en_Alemania
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2001/ley_0697_2001.html

Inmótica, Octubre 2013. [En línea] <http://es.wikipedia.org/wiki/Inm%C3%B3tica>

Jepírachi: una experiencia con la comunidad indígena Wayuu de la Alta Guajira colombiana”, Febrero 2011. [En línea]
<http://www.epm.com.co/site/documentos/mediosdecomunicacion/publicacionesiempresas/jepirachi/LibroJepirachienespanol.pdf>

Mi LED, “Tubo LED 9w 60cm Blanco”, julio 2014. [En línea]
<http://www.miled.es/tubos-c-25.html>

Ministerio de Minas y Energía “Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, Sección 120 Definiciones y Abreviaturas.”, Marzo 2010. [En línea] <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/7853.pdf>

Ministerio de Minas y Energía, “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013, Artículo 3 Definiciones”, Septiembre 2013. [En línea] http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/RETIE/REGLAMENTO_Retie2013mini.pdf

Monitoreo, Mayo 2009. [En línea] <http://definicion.de/monitoreo/>

Monografías, “Tecnología LED”, Agosto 2013. [En línea] <http://www.monografias.com/trabajos82/ensayo-tecnologia-led/ensayo-tecnologia-led.shtml>

Norma Técnica Colombiana NTC 5001, “Calidad de la Potencia Eléctrica, Límites y Metodología de Evaluación en Punto de Conexión”, Junio 2008. [En línea] <http://tienda.icontec.org/brief/NTC5001.pdf>

Norma Técnica Colombiana, Noviembre 1998. [En línea] http://ingenieria.bligoo.com.co/media/users/19/962117/files/219177/NTC_2050.pdf

OpenCourseWare de la UNIA, “Introducción a los Sistemas Fotovoltaicos”, Mayo 2012. [En línea] http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/diseno-de-sistemas-fotovoltaicos/materiales-de-estudio-1/tema1/skinless_view

Política Energética de China”, Agosto 2014. [En línea]
http://es.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADtica_energ%C3%A9tica_de_China

Portal de Energías Renovables, “Los pozos canadienses y provenzales, geotermia de baja potencia”, Julio 2014. [En línea]
<http://www.sitiosolar.com/los-pozos-canadienses-y-provenzales-geotermia-de-baja-potencia/>

¿Qué pinturas son totalmente Reflectantes?, Marzo 2012. [En línea]
http://www.ehowenespanol.com/pinturas-son-totalmente-reflectantes-info_252228/

Repositorio UIS, “Diseño del Sistema de Iluminación basados en Tubos Reflectantes para el Último Nivel de la Reforma del Edificio de la E3T”, Diciembre 2012. [En línea]
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/handle/123456789/3058>

Repositorio UIS, “Estudio Basado en el Uso Racional y Eficiente de la Energía para el Establecimiento de los Componentes Técnicos del Diseño de Proyectos Eléctricos Nuevos y Repotenciados de la UIS”, Agosto 2012.[En línea]
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/3054/2/144195.pdf>

Repositorio UIS, “Uso Racional de la Energía a partir del Diseño de Aplicaciones Sostenibles en el Edificio Eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander”, Diciembre 2011. [En línea]
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/handle/123456789/8041>

Repotenciación de Edificaciones Existentes, Septiembre 2011. [En línea]
<http://prezi.com/gdebz0t5ik67/repotenciacion-de-edificaciones-existentes/>
Secretaría del Senado, “Ley 697 de 2001”, Octubre 2001. [En línea]

Sistema de Información Energética y Energías Alternativas, “Calidad de la Energía Eléctrica”, Julio 2007. [En línea]
<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf>

Solar Web.Net, “Aero termia con pozo Canadiense, Mayo 2012. [En línea]
<http://www.solarweb.net/forosolar/aeroterminia/28463-aeroterminia-pozo-canadiense.html>

Tecnologías Alternativas, Abril 2010. [En línea]
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Tecnologias-Alternativas/198209.html>
UDG, “Espacios de Aprendizaje en Educación Superior”, Noviembre 2010. [En línea]
<http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura3/article/view/138/153>

Uso Racional y Eficiente de la Energía, Enero 2013. [En línea]
<http://didacty.blogspot.com/>

Visita realizada al campus principal de la Universidad Industrial de Santander donde se encuentra ubicado el complejo de la E3T, abril 2014.

Wikipedia, “Administración”, Octubre 2012. [En línea]
<http://es.wikipedia.org/wiki/Administraci%C3%B3n>

Yahoo, “Qué se entiende por Energía Eléctrica y Energía Térmica?”, Marzo 2007. [En línea]
<https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080317092123AAMw6fV>