



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

**TITULACIÓN DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**Diseño de un sistema integral de aprovechamiento de energía solar en una
vivienda urbana tipo en la ciudad de Loja.**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTORES: Valarezo Ramírez, Sergio Andre.

Ochoa Muñoz, Alfonso Javier.

DIRECTOR: Jaramillo Pacheco, Jorge Luis, Ing.

LOJA –ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Jaramillo Pacheco Jorge Luis.

DIRECTOR DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

Que el presente trabajo de fin de titulación: “**Diseño de una vivienda sustentable con ERNC**” realizado por los profesionales en formación **Valarezo Ramírez Sergio Andre** y **Ochoa Muñoz Alfonso Javier** ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por lo cual se aprueba la presentación del mismo.

Loja, abril del 2015

f).....

Firma Director de la Titulación

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Nosotros **Valarezo Ramírez Sergio Andre** y **Ochoa Muñoz Alfonso Javier** declaramos ser autores del presente trabajo de fin de titulación: **Diseño de una vivienda sustentable con ERNC**, de la Titulación de **Ingenieros en Electrónica y Telecomunicaciones** siendo **Jaramillo Pacheco Jorge Luis, Ing.** el director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.”

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Valarezo Ramírez Sergio Andre,

Cédula: 1104782626

f.....

Autor: Ochoa Muñoz Alfonso Javier.

Cédula: 1104014103

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios quien me proveyó de conocimiento necesario y me ayudo a elegir de forma correcta la carrera en la que me forme, a toda mi familia a mis padres, tíos, abuelos, primos. que supieron alentarme en momentos difíciles para salir adelante y lograr una meta más en mi vida.

A mis padres y abuelos: Por el cariño, apoyo moral y económico que siempre recibí, con el cual logre culminar mi esfuerzo, terminando así mi carrera profesional. La cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir. Con Amor y Respeto.

A mis Tíos, hermanos, primos, amigos: El más sincero reconocimiento al esfuerzo, orientación y apoyo que me brindaron para alcanzar una de las metas trazadas.

Sergio Andre

A mis amados padres Alfonso y Rosa por su inmenso apoyo y constante guía en el transcurso de mi vida, gracias a su esfuerzo y su ejemplo han forjado el camino a seguir.

A mi hermano Diego porque se ha constituido en más que un hermano, un amigo.

A mi amada esposa Cecilia, por ser mi confidente, mi apoyo, mi respaldo y mi razón de ser.

Al Ing. Jorge Luis Jaramillo por ser un ejemplo a seguir tanto a nivel académico como humano, infinitas gracias por la confianza y enseñanzas depositadas en mí.

A mis familiares, amigos, profesores y compañeros de estudios universitarios quienes los llevo siempre en mi corazón que a pesar del tiempo y la distancia les doy las gracias por formar parte de la culminación de este proyecto.

Alfonso Javier

AGRADECIMIENTO

A Dios: Por darnos la sabiduría para la finalización de este trabajo, iluminándonos para seguir adelante y lograr nuestras metas.

A nuestros padres por su apoyo y palabras de aliento en momentos difíciles por los que hemos cruzado.

Al Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco: Por su apoyo en la dirección y realización de este trabajo de fin de titulación, y brindarnos la oportunidad de trabajar con él durante el desarrollo de la tesis en donde adquirimos nuevos conocimientos, fortalezas y aptitudes que serán de gran utilidad para nuestra vida profesional.

Sergio y Alfonso

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABLAS.....	XI
RESUMEN EJECUTIVO	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO 1:	4
ESTADO DEL ARTE EN LA INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN VIVIENDAS RESIDENCIALES URBANAS.	4
1.1 Viviendas sustentables y energías renovables.....	5
1.2 Tendencias en la utilización de sistemas de aprovechamiento de energía solar en viviendas.	5
1.2.1 Vidrios fotovoltaicos.	5
1.2.2 Suelos fotovoltaicos.	6
1.2.3 Láminas fotovoltaicas.....	7
1.2.4 Sistemas de iluminación solar para interiores.	7
1.2.5 Cortinas fotovoltaicas.	8
1.3 Diversidad en la tecnología solar.....	9
1.3.1 Generalidades.	9
1.3.2 Colectores solares con concentración.	10
1.3.3 Colectores solares sin concentración.....	13
1.4 Sobre la integración de tecnología solar en edificaciones.	14

1.5 Una aproximación al diseño a implementar en la vivienda urbana tipo en la ciudad de Loja.	19
--	----

CAPITULO 2:	21
--------------------------	-----------

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN UNA VIVIENDA URBANA TIPO.....	21
---	-----------

2.1 Sobre diseño arquitectónico de la vivienda urbana tipo.....	22
--	-----------

2.2 Prediseño del bloque de iluminación híbrida.	22
--	-----------

2.2.1 Opciones de aprovechamiento de las fuentes de luz para la iluminación de espacios arquitectónicos.	22
2.2.1.1 Sobre el aprovechamiento de luz natural en la iluminación de espacios arquitectónicos.	22
2.2.1.2 Sobre el aprovechamiento de luz artificial en la iluminación de espacios arquitectónicos.	24
2.2.1.3 Sobre el uso racional de las fuentes de luz en los sistemas de iluminación de espacios arquitectónicos.	25
2.2.2 Sobre la vivienda a utilizar como referencia.	26
2.2.3 Arquitectura propuesta para el sistema de iluminación.	29
2.2.4 Prediseño del sistema de iluminación para la vivienda.	29
2.2.5 Presupuesto de inversión.....	36

2.3 Prediseño de un sistema fotovoltaico integrado para una vivienda urbana tipo.	36
---	-----------

2.3.1 Información preliminar para el diseño.	36
2.3.1.1 Aproximación de la demanda de energía en la vivienda.	36
2.3.1.2 Niveles de irradiación solar en la ciudad de Loja.	39
2.3.2 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico a implementar.	40
2.3.2.1 Arquitectura propuesta para el sistema de provisión de energía eléctrica a la vivienda.	40
2.3.2.2 Dimensionamiento del módulo de captación de energía.	41
2.3.2.3 Dimensionamiento del módulo de storage de energía.	43
2.3.2.4 Dimensionamiento del módulo de transferencia de energía.	45
2.3.2.5 Presupuesto de inversión.	45

2.4 Diseño del sistema de iluminación híbrida.	46
--	-----------

2.4.1 Generalidades del sistema a diseñar.	46
2.4.1.1 Sobre la vivienda urbana tipo.	46
2.4.1.2 Sobre los niveles de irradiación solar en la ciudad de Loja.....	46
2.4.1.3 Sobre la arquitectura general del sistema integral a diseñar.	48
2.4.1.4 Generalidades del diseño.....	49
2.4.1.5 Criterios de iluminación.	50
2.4.1.6 Dimensionamiento de la carga eléctrica exigida por las luminarias LED.	53
2.4.2 Dimensionamiento de los elementos del circuito fotovoltaico de provisión de energía.....	56
2.4.2.1 Módulos fotovoltaicos.	56
2.4.2.2 Storage de energía.	57
2.4.2.3 Módulo de transferencia.	60
2.4.2.4 Distribución eléctrica.	61
2.4.3 Dimensionamiento de la iluminación diurna.	64
2.4.4 Presupuesto de inversión en el sistema de iluminación híbrida.	65
2.4.3 Diseño del bloque de aprovechamiento de energía termosolar.	66
2.4.3.1 Sobre el aprovechamiento de energía termosolar en la vivienda.	66
2.4.3.2 Sobre la regulación de la temperatura en la vivienda.	67

2.4.3.3 Sobre la provisión de agua caliente sanitaria.	69
a) Requerimientos de diseño.	70
b) Selección del colector solar con tecnología heatpipe.	70
c) Presupuesto de inversión.	74
CONCLUSIONES.....	75
TRABAJOS FUTUROS.....	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	83
ANEXO A.....	84
ANEXO B.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Vidrio fotovoltaico personalizado de Onyx Solar. ...	¡Error! Marcador no definido.
Figura 1.2 Suelo fotovoltaico de Onyx Solar.	6
Figura 1.3 Láminas protección solar, Hüper Optik.	7
Figura 1.4 Funcionamiento de las soluciones de Solatube.....	8
Figura 1.5 Persianas fotovoltaicas, Velux.	8
Figura 1.6 Estores de protección solar, Velux.	9
Figura 1.7 Concentrador solar lineal cilindro-parabólico.....	10
Figura 1.8 Incidencia de los rayos solares sobre un concentrador solar cilindro-parabólico con seguidor solar.	10
Figura 1.9 Concentrador lineal tipo Fresnel.	11
Figura 1.10 Concentrador solar de torre central.....	11
Figura 1.11 Concentrador solar puntual.....	12
Figura 1.12 Concentrador solar esférico.....	12
Figura 1.13 Arreglo de concentradores solares con lentes.....	13
Figura 1.14 Colector solar fotovoltaico.....	13
Figura 1.15 Diseño ganador del decatlón solar Europa 2014.....	14
Figura 1.16 Integración de tecnología solar en cubiertas inclinadas.	14
Figura 1.17 Integración de tecnología solar sobre una cubierta plana.	15
Figura 1.18 Integración de tecnología solar en toldos o parasoles.....	15
Figura 1.19 Integración de tecnología solar sobre una fachada.	16
Figura 1.20 Integración de tecnología solar en fachadas ventiladas.	16
Figura 1.21 Integración de tecnología solar a pérgolas.....	17
Figura 1.22 Integración de tecnología solar en barandas.....	17
Figura 1.23 Integración de tecnología solar en aparcamientos.	18
Figura 1.24 Integración de tecnología solar en iluminación exterior.....	18
Figura 1.25 Integración de tecnología solar en una plazoleta.	19
Figura 1.26 Una aproximación a la integración de tecnología solar en la vivienda urbana tipo de diseñar en la ciudad de Loja.	20
Figura 1.27 Vivienda urbana tipo con láminas y captadores solares.	20
Figura 2.1 Panorámica de una claraboya.....	23
Figura 2.2 Esquema de un heliostato de aplicación residencial.	23
Figura 2.3 Esquema de un tragaluz tubular solar.....	24
Figura 2.4 Vista general de luminarias de tecnología LED, fluorescentes e incandescente.	25
Figura 2.5 Diagrama de bloques luminaria residencial.....	26
Figura 2.6 Distribución de espacios en la planta baja de la vivienda prototipo utilizada como referencia en la etapa de prediseño del sistema de iluminación.	27
Figura 2.7 Distribución de espacios en la primera planta alta de la vivienda prototipo utilizada como referencia en la etapa de prediseño del sistema de iluminación.	28
Figura 2.8 Distribución de espacios en la segunda planta alta de la vivienda prototipo utilizada como referencia en la etapa de prediseño del sistema de iluminación.	29
Figura 2.9 Ubicación tentativa de i luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la planta baja de la vivienda.	30
Figura 2.10 Ubicación tentativa de i luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la primera planta alta de la vivienda.....	31

Figura 2.11 Ubicación tentativa de i luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la segunda planta alta de la vivienda.	32
Figura 2.12 Iluminación Solatube de una vivienda residencial.	35
Figura 2.13 Diseño tipo de vivienda urbana minimalista.	38
Figura 2.14 Arquitectura propuesta para el sistema de provisión de energía eléctrica en la vivienda.	41
Figura 2.15 Diseño arquitectónico propuesto para la vivienda urbana tipo.....	48
Figura 2.16 Arquitectura propuesta para el sistema de iluminación híbrida de la vivienda urbana tipo.....	49
Figura 2.17 Arquitectura propuesta para la provisión de energía eléctrica en la vivienda. ...	50
Figura 2.18 Distribución de i luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la planta baja de la vivienda urbana tipo.	51
Figura 2.19 Distribución de i luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la planta alta de la vivienda urbana tipo.	52
Figura 2.20 Distribución de i luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la terraza de la vivienda urbana tipo.	53
Figura 2.21 Sistema de iluminación fotovoltaica para la vivienda urbana tipo.	61
Figura 2.22 Diagrama eléctrico de iluminación en la planta baja de la vivienda.	62
Figura 2.23 Diagrama eléctrico de iluminación en la planta alta de la vivienda.	63
Figura 2.24 Simulación del patrón luminoso de una luminaria LED en el estudio de la vivienda.	64
Figura 2.25 Simulación del patrón luminoso de un tragaluz solar tubular en el estudio de la vivienda.	65
Figura 2.26 Vista frontal de la vivienda urbana tipo, con láminas solares de protección.	67
Figura 2.27 Vista posterior de la vivienda urbana tipo, con láminas solares de protección. .	68
Figura 2.28 Vista panorámica del colector solar Grün Tech heatpipe de 200 lt.	71
Figura 2.29 Requerimiento mensual de energía térmica para la provisión de ACS, y, aporte de energía térmica desde el colector.	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Resultados de la simulación de desempeño de las luminarias LED seleccionadas para utilizarse en iluminación interior y exterior.....	33
Tabla 2.2 Requerimiento general de luminarias LED y de tragaluces tubulares solares de la vivienda.	34
Tabla 2.3 Aproximación de la carga requerida para abastecer al sistema de iluminación de la vivienda.	34
Tabla 2.4 Presupuesto de inversión en iluminación.	36
Tabla 2.5 Aproximación de la demanda de energía eléctrica de la vivienda en CA.....	37
Tabla 2.6 Aproximación de la demanda de energía eléctrica de la vivienda en CD.	39
Tabla 2.7 Niveles de irradiación solar mensual en la ciudad de Loja.	40
Tabla 2.8 Especificaciones técnicas de los módulos de captación de energía [48].	42
Tabla 2.9 Especificaciones técnicas del regulador de carga [50].	43
Tabla 2.10 Especificaciones técnicas del banco de baterías [51].....	44
Tabla 2.11 Presupuesto de inversión en la implementación del sistema fotovoltaico.	45
Tabla 2.12 Niveles de irradiación solar mensual en la ciudad de Loja [53].....	47
Tabla 2.13 Resultados de la simulación de desempeño de las luminarias LED seleccionadas para utilizarse en iluminación interior y exterior.....	54
Tabla 2.14 Aproximación de la carga eléctrica requerida para abastecer a las luminarias LED de la vivienda.	55
Tabla 2.15 Especificaciones técnicas de los módulos de captación de energía [55].	57
Tabla 2.16 Especificaciones técnicas del regulador de carga [56].	58
Tabla 2.17 Especificaciones técnicas del banco de baterías [57].....	59
Tabla 2.18 Especificaciones técnicas del inversor [58].	60
Tabla 2.19 Presupuesto de inversión en el sistema de iluminación híbrida para la vivienda urbana tipo.....	65
Tabla 2.20 Presupuesto de inversión en láminas solares protectoras para la vivienda urbana tipo.....	69
Tabla 2.21 Parámetros básicos considerados en el diseño de un sistema de ACS.	70
Tabla 2.22 Análisis comparativo de los colectores solares con tecnología heatpipe existente en el mercado local.....	71
Tabla 2.23 Energía térmica requerida para proveer de ACS a la vivienda, por mes.	72
Tabla 2.24 Aporte energético del colector seleccionado a la provisión de ACS a la vivienda.	73
Tabla 2.25 Presupuesto de inversión para la implementación de un sistema termosolar para la provisión de ACS a la vivienda.....	74
Tabla 2.26 Presupuesto total de un sistema integral de energía solar.	74

RESUMEN EJECUTIVO

En este trabajo se describe el estado del arte en la integración de tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar en edificaciones. Se realiza el diseño de un sistema integral de aprovechamiento de energía solar en una vivienda urbana tipo situada en la ciudad de Loja, conformado por un bloque de provisión de energía eléctrica fotovoltaica para iluminación híbrida (fotovoltaica, red pública, solar diurna), y por un bloque de aprovechamiento de energía termosolar (regulación de temperatura y provisión de agua caliente sanitaria).

PALABRAS CLAVES: agua caliente sanitaria (ACS), energía renovable, energía solar, iluminación híbrida, energía termosolar, integración de tecnología solar en viviendas, sistema fotovoltaico, tecnologías para el aprovechamiento de energía solar.

ABSTRACT

In this work the state of art in the integration of technologies for harnessing solar energy in buildings is described. Design a integral system of harnessing solar energy in an urban housing type located in the Loja's city is performed, consisting by a block of photovoltaic energy provision, for hybrid lighting (PV, public network, daytime solar), and a block of harnessing thermal energy (temperature regulation and domestic hot water provision).

KEYWORDS: harnessing solar energy, urban housing, photovoltaic system, hybrid lighting, domestic hot water (DHW), renewable energy, solar energy, thermal energy.

INTRODUCCIÓN

En el semestre octubre 2014, en la Sección de Telecomunicaciones y Electrónica (STE) del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica (DCCE) de la UTPL, se propuso una experiencia piloto de diseño de viviendas sustentables, en la que se invitó a colaborar al Departamento de Arte y Arquitectura. Como parte de esta experiencia piloto, se identificó la potencialidad del uso de sistemas solares para proveer algunos de los procesos típicos de la vivienda.

En este documento se describe los resultados obtenidos al diseñar un sistema integral de aprovechamiento de energía solar para una vivienda urbana tipo, para la provisión de energía a un bloque de iluminación híbrida (fotovoltaica, red pública, solar diurna) y a un bloque de aprovechamiento de energía termosolar (regulación de temperatura y suministro de agua caliente sanitaria).

El documento contiene 2 capítulos. En el primer capítulo, se describe el estado del arte para la integración de tecnologías de aprovechamiento de energía solar en viviendas residenciales urbanas. En el segundo capítulo, se describe el diseño de un sistema integral de aprovechamiento de energía solar en una vivienda urbana tipo.

CAPITULO 1:

ESTADO DEL ARTE EN LA INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN VIVIENDAS RESIDENCIALES URBANAS.

1.1 Viviendas sustentables y energías renovables.

Las energías renovables se clasifican en convencionales y no convencionales, según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento, y la penetración en los mercados energéticos [1].

Las energías renovables están en permanente renovación, porque dependen de ciclos cerrados influenciados por factores externos a la corteza terrestre [2]. Una buena parte de las energías renovables dependen del ciclo solar.

La energía solar llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética, procedente del Sol en donde fue generada en un proceso de fusión nuclear. La energía solar puede aprovecharse directamente en 2 formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico), y, por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico) [3].

El aprovechamiento de la energía solar, y, de otras fuentes de energía renovable, es parte fundamental del desarrollo sustentable que busca el equilibrio entre aspectos económicos, ambientales y sociales [4]. En particular, las viviendas sustentables pretenden ser eficaces en el uso de materiales de construcción, el consumo de energía, y, el espacio construido, manteniendo el confort y la habitabilidad [4].

1.2 Tendencias en la utilización de sistemas de aprovechamiento de energía solar en viviendas.

1.2.1 Vidrios fotovoltaicos.

La creación de células fotovoltaicas transparentes permite su integración en ventanas y fachadas acristaladas [6]. Con esto, la superficie irradiada aumenta y consecuentemente se amplía la producción de electricidad. Como parte del diseño arquitectónico se puede incluir la orientabilidad de las ventanas, a fin de lograr una mejor ganancia a lo largo del año [5].

La empresa *Onyx Solar* ofrece soluciones denominadas *BIPV* (Building Integrated Photovoltaics) que cubre una amplia gama de materiales y soluciones de integración fotovoltaica [8]. El *vidrio fotovoltaico transparente* (ver Fig.1.1), además de producir electricidad, permite iluminar el interior de la vivienda, a la vez que impide la entrada de rayos UVA y de radiación infrarroja. La transparencia del vidrio esta entre el 10 y el 30% [6].

El vidrio fotovoltaico personalizado se ofrece en una gama de colores, geometría, y, transparencia a elegir. La empresa garantiza una potencia nominal entre 38 y 60 W por metro cuadrado, en dependencia del grado de transparencia [6].



Figura 1.1 Vidrio fotovoltaico personalizado de Onyx Solar.

Fuente: <http://www.dparquitectura.es/productos/20141107/vidrio-fotovoltaico-de-alta-eficiencia-made-in-spain#.VHa0-JR5Mn4>.

1.2.2 Suelos fotovoltaicos.

Onyx Solar también ofrece suelos fotovoltaicos transitables y antideslizantes, capaz de soportar 400 Kg de peso en pruebas de carga puntual, y, con una eficiencia similar al vidrio fotovoltaico que permite alcanzar ahorros energéticos de hasta un 50% [7].

El suelo fotovoltaico se integra fácilmente a cualquier proyecto y ambiente, sin renunciar al diseño ni a la estética. El suelo fotovoltaico (ver Fig.1.2) combina elementos pasivos (evita emisiones de CO₂) con elementos activos (genera energía) [7].

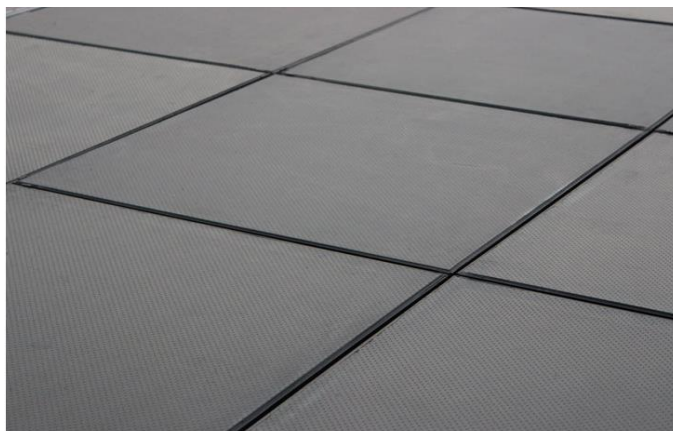


Figura 1.2 Suelo fotovoltaico de Onyx Solar.

Fuente: <https://www.construible.es/articulos/primer-suelo-fotovoltaica-transitable-y-antideslizante>.

1.2.3 Láminas fotovoltaicas.

El uso de láminas fotovoltaicas en viviendas proporciona protección contra el calor y los efectos del Sol. Las láminas fotovoltaicas se ofrecen en una amplia gama, desde láminas metalizadas con máximo rechazo de energía solar, hasta láminas de control solar transparentes (ver Fig.1.3).

En el mercado latinoamericano, uno de los proveedores de láminas fotovoltaicas es la empresa alemana Hüper Optik. La tecnología ofertada por la empresa varía entre 55 y 60 USD por metro cuadrado, y, tiene una garantía de 15 años.



Figura 1.3 Láminas protección solar, Hüper Optik.

Fuente: http://www.vulka.es/imagenes/empresas_fotos/93652_big.jpg.

1.2.4 Sistemas de iluminación solar para interiores.

La iluminación de espacios con luz solar, aprovecha la influencia del Sol sobre el ser humano, razón por la cual se reduce la fatiga visual, se aumenta la productividad, y, como agregado se disminuye el consumo de energía eléctrica.

En el mercado existen empresas que ofrecen diversas opciones para el aprovechamiento de la energía solar para iluminación de interiores. Este es el caso de la empresa Solatube, que ofrece tragaluces tubulares que capturan la luz a través de un domo en el techo y la canalizan a través de un sistema reflectante. El tubo cabe entre las vigas y se instala sin modificación estructural. A nivel de techo, un difusor que se asemeja a una lámpara empotrada difunde la luz de manera uniforme en toda la habitación (ver Fig.1.4) [10], [11]. El mayor aporte de este tipo de soluciones es la adecuada selección de materiales utilizados en el eje de luz (drywall), altamente eficaces en la transferencia, que permiten recorrer hasta 15m sin perder luz.



Figura 1.4 Funcionamiento de las soluciones de Solatube.

Fuente: <http://www.tujenge.co.ke/images/mergedsolatube.jpg>.

1.2.5 Cortinas fotovoltaicas.

La empresa VELUX ofrece en el mercado cortinas, persianas, y estores fotovoltaicos (ver Fig.1.5 y 1.6).



Figura 1.5 Persianas fotovoltaicas, Velux.

Fuente: <http://www.solostocks.com/img/persianas-buberdorff-atix-solar-todas-lasmedidas-maydisa-velux-e-instalacion-2102914z0.jpg>.



Figura 1.6 Estores de protección solar, Velux.

Fuente: http://www.micasarevista.com/var/decoracion/storage/images/mi-casa/ideas-decoracion/ventanas-de-tejado-velux/un-duo-perfecto-en-tejados-inclinados/972875-1-esl-ES/un-duo-perfecto-en-tejados-inclinados_galeria_landscape.jpg.

1.3 Diversidad en la tecnología solar.

1.3.1 Generalidades.

Un colector solar es capaz de captar la energía solar para calentar un fluido a determinada temperatura. Los colectores solares pueden ser de concentración (capaces de trabajar a más 70 °C) o sin concentración (capaces de trabajar a menos de 70 °C) [12].

Los colectores solares de concentración reflejan y concentran la energía solar incidente, sobre una zona receptora pequeña. Se utilizan principalmente en el sector industrial, y, pueden generar energía eléctrica de forma indirecta, a través de la producción de vapor de agua utilizada para activar una turbina.

Los colectores solares sin concentración son los difundidos en el mercado, debido a sus prestaciones de instalación, precio, y, vida útil; aunque su desempeño es menor comparado con los colectores solares de concentración. Se utilizan principalmente para producir ACS.

1.3.2 Colectores solares con concentración.

En el mercado, existen diferentes modelos de colectores solares con concentradores (también llamados concentradores solares): lineales cilindro-parabólicos, lineales tipo Fresnel, centrales, puntuales, y, de lentes y espejos.

Los concentradores lineales cilindro-parabólicos son arreglos basados en curvas parabólicas lineales, que concentran toda la energía en un tubo colocado en el foco de la curva (ver Fig.1.7). En este tubo existe un fluido (aceite o salmuera) que se calienta hasta los 300 °C, circulando posteriormente por una caldera, en la que se calienta agua hasta el punto de ebullición. En esta etapa, el vapor se utiliza con fines industriales [14].



Figura 1.7 Concentrador solar lineal cilindro-parabólico.

Fuente: [13].

El éxito de un concentrador lineal cilindro-parabólico radica en la correcta alineación este-oeste, de forma tal que el sistema no pierda su punto focal, manteniendo la incidencia perpendicular de los rayos del Sol. Por esta razón, la gran mayoría de estos dispositivos necesitan de un seguidor solar (ver Fig.1.8). Los altos costos de implementación y mantenimiento, hacen de esta tecnología poco aplicable para usos comerciales domiciliarios.

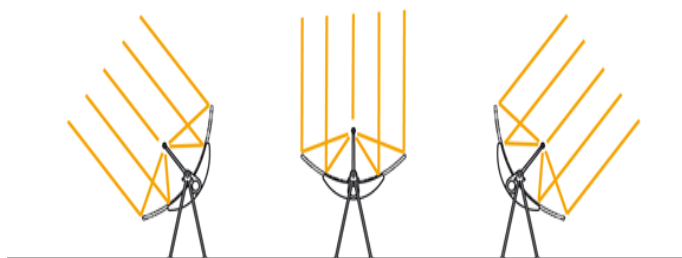


Figura 1.8 Incidencia de los rayos solares sobre un concentrador solar cilindro-parabólico con seguidor solar.

Fuente: [15].

Los concentradores lineales tipo Fresnel se aproximan, en forma y en funcionamiento, a los concentradores solares cilindro-parabólicos, pero difieren de ellos en utilizan largas filas de espejos planos o levemente curvos, para reflejar los rayos solares en un receptor lineal fijo (ver Fig.1.9). Este sistema es menos eficiente, pero la simplicidad de diseño, el uso de espejos planos, y, la flexibilidad para alinearlos, lo convierten en una propuesta atractiva.



Figura 1.9 Concentrador lineal tipo Fresnel.

Fuente: [16].

Los concentradores lineales tipo Fresnel no están enfocados al sector domiciliario, debido especialmente al espacio requerido para su implementación, razón por la cual se emplea en la industria para generar agua caliente y electricidad.

Los concentradores solares centrales o de torre central son los sistemas más complejos entre los colectores solares por concentración. Con esta tecnología se pueden conseguir temperaturas del orden de 2000 °C (ver Fig.1.10) [18].



Figura 1.10 Concentrador solar de torre central.

Fuente: [17].

Los concentradores solares centrales no poseen un fluido calo-transportador, y, producen directamente vapor de agua. Su uso está limitado al sector industrial, militar, y, experimental.

Los concentradores solares puntuales poseen un espejo parabólico que, capta los rayos del Sol y concentra la radiación solar en un receptor térmico situado en el foco del espejo (ver Fig.1.11). En el foco se ubica comúnmente un módulo para generar agua caliente o energía eléctrica (basado en un motor Stirling). Su uso está enfocando a las cocinas solares y generación de agua caliente, residencial e industrial.



Figura 1.11 Concentrador solar puntual.

Fuente: [19].

Los concentradores solares con lentes o espejos utilizan principios de óptica para concentrar los haces de luz en un área pequeña, optimizando el espacio que generalmente se ocuparía (ver Fig.1.12 y Fig.1.13). Su uso está enfocado tanto para uso domiciliario como industrial, pero predominan en este último.



Figura 1.12 Concentrador solar esférico.

Fuente: [20].



Figura 1.13 Arreglo de concentradores solares con lentes.

Fuente: [21].

1.3.3 Colectores solares sin concentración.

Los colectores solares sin concentración son de 3 tipos: paneles fotovoltaicos, colectores térmicos para generar ACS, y, paneles híbridos (modelos combinados de los 2 primeros). Su funcionamiento se basa en la exposición directa al Sol de una superficie, con cualidades fotoconductores o de absorción térmica, por lo que su éxito depende del área que cubran (ver Fig.1.14).



Figura 1.14 Colector solar fotovoltaico.

Fuente: [22].

Debido a su versatilidad, los colectores sin concentración son las opciones más eficaces para integrarse a una edificación, ya que con ellos se puede recubrir parte de la edificación, o, simplemente integrarlos en la misma.

1.4 Sobre la integración de tecnología solar en edificaciones.

El concepto de integración de tecnología solar en las edificaciones, nace de la necesidad de disponer de tecnología solar no solo endosada a un techo o terraza, con los consecuentes problemas de afección al diseño arquitectónico y a la estética, sino también como parte integrante de la visión global de la edificación.

Como apoyo a la consolidación de esta nueva visión, los decatlones solares que se realizan en Estados Unidos y la Unión Europea, apuntan a privilegiar ideas innovadoras en el diseño y construcción de viviendas autosustentables que integren tecnología solar (ver Fig.1.15)



Figura 1.15 Diseño ganador del decatlón solar Europa 2014.

Fuente: [23].

La visión de arquitectos, diseñadores e ingenieros han contribuido a que existen diversas opciones para integrar la tecnología solar en las edificaciones, entre las que se cita la integración en cubiertas inclinadas, acción en la cual se utiliza el techo de cualquier edificación para montar los módulos solares (ver Fig.1.16).

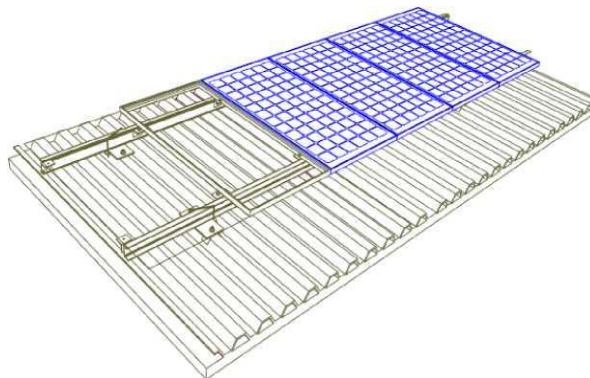


Figura 1.16 Integración de tecnología solar en cubiertas inclinadas.

Fuente: [24].

En el caso de la integración en cubiertas planas, las azoteas se emplean para colocar sobre ellas soluciones fotovoltaicas o térmicas (ver Fig.1.17).

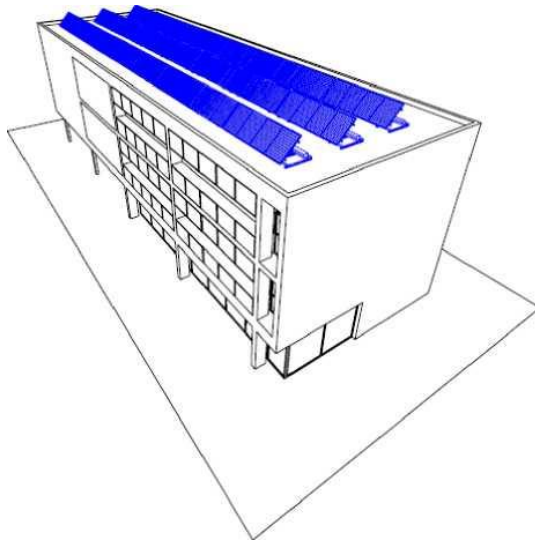


Figura 1.17 Integración de tecnología solar sobre una cubierta plana.

Fuente: [25].

La integración en toldos o parasoles, permite utilizar la tecnología solar para cubrir parte de la edificación, proporcionar sombra y mejorar la temperatura ambiente dentro de la misma (ver Fig.1.18).



Figura 1.18 Integración de tecnología solar en toldos o parasoles.

Fuente: [26].

Las opciones de fachada integrada, aprovechan la transparencia de los nuevos modelos de módulos solares para crear fachadas y ambientes interiores en una edificación (ver Fig.1.19).

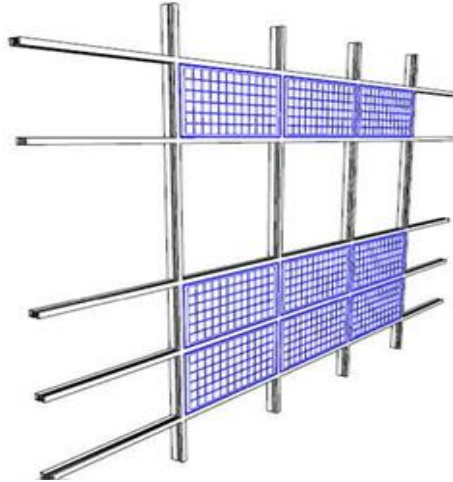


Figura 1.19 Integración de tecnología solar sobre una fachada.

Fuente: [27].

En la integración de fachada ventilada, la tecnología solar se superpone a las fachadas existentes, dejando un pequeño espacio entre las superficies para permitir el paso del aire, y, mejorar la temperatura y el desempeño de la tecnología (ver Fig.1.20).

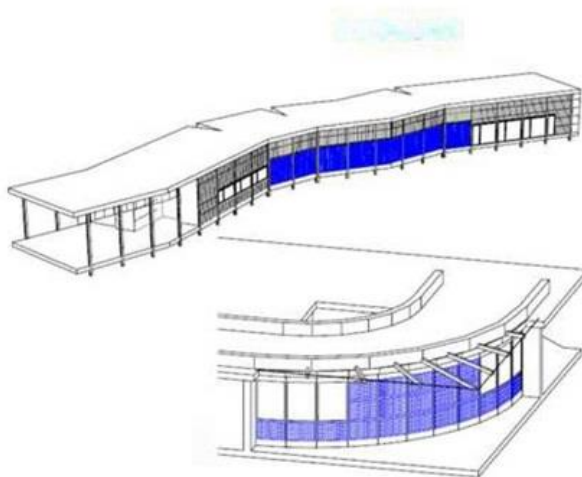


Figura 1.20 Integración de tecnología solar en fachadas ventiladas.

Fuente: [28].

La integración en pérgolas, permite aprovechar los accesos a edificaciones, donde el tránsito es recurrente, proporcionando sombra (ver Fig.1.21).

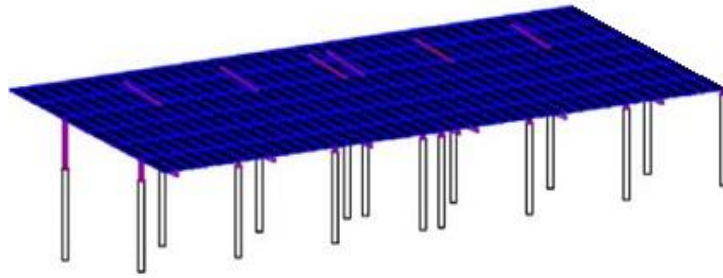


Figura 1.21 Integración de tecnología solar a pérgolas.

Fuente: [29].

La integración en barandas permite aprovechar espacios ya existentes, con gran adaptabilidad y fácil implementación (ver Fig.1.22).

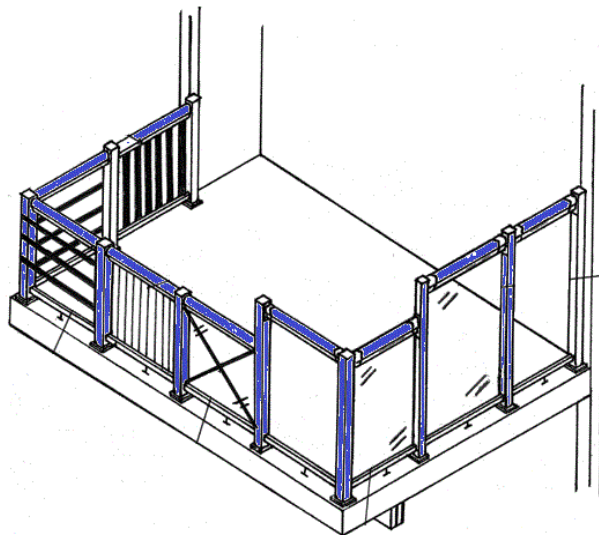


Figura 1.22 Integración de tecnología solar en barandas.

Fuente: [30].

La integración en aparcamientos permite optimizar el uso del espacio de estacionamiento, proporcionar sombra, y, generar energía (ver Fig.1.23).

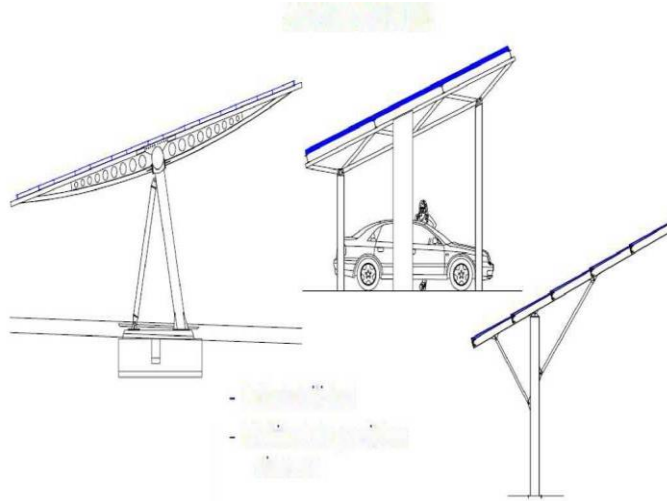


Figura 1.23 Integración de tecnología solar en aparcamientos.

Fuente: [31].

Otros tipos de integraciones buscan optimizar el uso del espacio público, proporcionar sombra, y, generar energía (ver Fig.1.24 y Fig.1.25).



Figura 1.24 Integración de tecnología solar en iluminación exterior.

Fuente: [32].

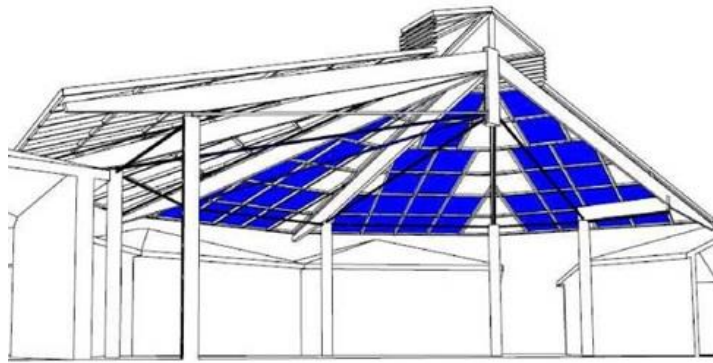


Figura 1.25 Integración de tecnología solar en una plazoleta.

Fuente: [33].

1.5 Una aproximación al diseño a implementar en la vivienda urbana tipo en la ciudad de Loja.

Los requerimientos preliminares señalan que la vivienda a diseñar será de corte minimalista, con un área de construcción aproximada de 200 m². En el plano este de la edificación, se podría optar por colectores solares térmicos para producción de ACS, con integración tipo fachada ventilada. En el plano oeste, se podría privilegiar una integración tipo fachada integrada, empleando módulos fotovoltaicos translucidos. Por último, para el techo o azotea se optaría por la integración de paneles fotovoltaicos poli cristalinos en una cubierta plana (ver Fig. 1.26).

Entre las tecnologías complementarias, potencialmente utilizables en la vivienda, se sugiere la utilización de láminas de protección solar Energy Saver 35 de Hüper Optik, mientras que para iluminación de espacios oscuros en el interior de vivienda se sugiere la utilización de tragaluces tubulares Solatube. En la Fig.1.26 y 1.27 se muestra una vista panorámica de la integración de las soluciones seleccionadas.



Figura 1.26 Una aproximación a la integración de tecnología solar en la vivienda urbana tipo de diseñar en la ciudad de Loja.

Fuente: [35].

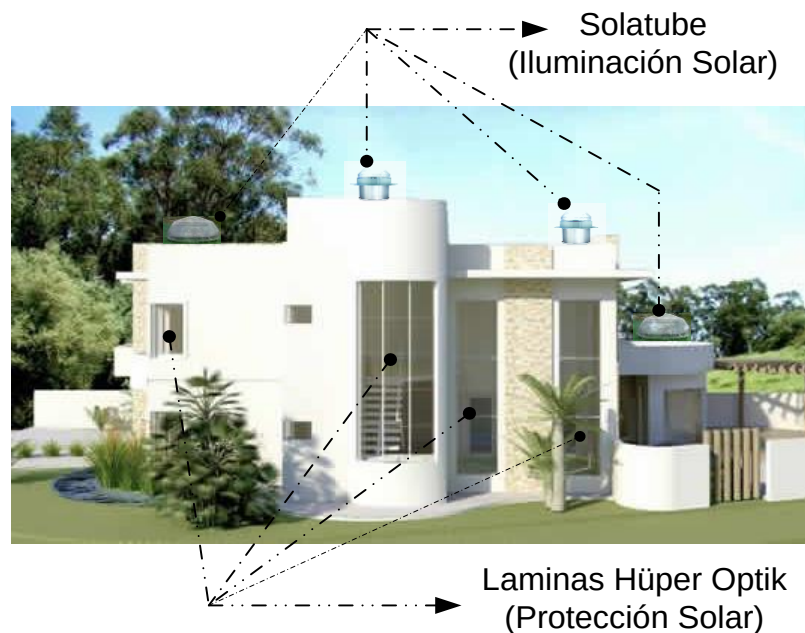


Figura 1.27 Vivienda urbana tipo con láminas y captadores solares.

Fuente: <http://construdeia.com/wp-content/gallery/fachada-de-sobrado-de-esquina/fachada-de-sobrado-de-esquina-13.jpg>.

CAPITULO 2:

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN UNA VIVIENDA URBANA TIPO.

2.1 Sobre diseño arquitectónico de la vivienda urbana tipo.

El diseño arquitectónico de la vivienda urbana tipo fue encargado al Departamento de Arquitectura y Artes de la UTPL. De acuerdo a los requerimientos del usuario, la vivienda debería ser de corte minimalista, y, diseñada para una familia promedio de 4 integrantes.

De acuerdo a las condiciones del sitio de la construcción y la concepción general de la vivienda, desde la perspectiva del aprovechamiento de energía solar, se destaca la existencia de una terraza, y, la orientación este – oeste, por lo que el Sol irradiaría la fachada frontal, posterior, y la terraza. En estas condiciones, el equipo de trabajo acordó diseñar un sistema integral que provea la energía necesaria para un bloque de iluminación híbrida, y para un bloque de aprovechamiento de energía termosolar.

2.2 Prediseño del bloque de iluminación híbrida.

2.2.1 Opciones de aprovechamiento de las fuentes de luz para la iluminación de espacios arquitectónicos.

La luz es una forma de energía electromagnética que, proviene de fuentes naturales o artificiales. El Sol es la principal fuente de luz natural, y las bombillas o lámparas son fuentes artificiales [36].

2.2.1.1 Sobre el aprovechamiento de luz natural en la iluminación de espacios arquitectónicos.

El Sol es la fuente de luz y energía más importante del planeta. Otras fuentes de luz natural son los relámpagos y las estrellas [37].

En edificaciones, la luz natural proveniente del Sol, se utiliza para iluminación diurna, a través de recursos como claraboyas, helióstatos, y, tragaluces solares tubulares.

Una **claraboya**, tragaluz, lucerna o lucernario, es una ventana situada en el techo o en la parte superior de una pared, utilizada para proporcionar luz natural a una habitación (ver Fig.2.1). A pesar de las limitaciones de área útil, su ubicación permite entregar una iluminación superior a la proporcionada por una ventana [38].



Figura 2.1 Panorámica de una claraboya.

Fuente: <http://www.sumincogar.com/imag/productos/claraboya/claraboya.jpg>

Un **heliostato** es un dispositivo que incluye un espejo móvil y varios espejos fijos, que permiten conducir la luz del Sol hacia un espacio oscuro, a fin de garantizar la iluminación natural de este (ver Fig.2.2) [39].



Figura 2.2 Esquema de un heliostato de aplicación residencial.

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/93635164@N06/8511717355/>

Los **tragaluces tubulares**, también llamados tubos solares, son dispositivos que recogen la luz solar a nivel del techo, y, la transmiten hacia el interior de la edificación, a través de tubos reflectantes. En el interior, la luz natural se difunde mediante un plafón

difusor (ver Fig.3.3). Los tragaluces tubulares reemplazan las fuentes de luz artificial, en estancias internas sin ventanas como baños interiores, halles o vestidores [40].



Figura 2.3 Esquema de un tragaluz tubular solar.

Fuente: <http://ecoinventos.com/wp-content/uploads/2011/12/tragaluz-tubular-a-led-3270-3768735.jpg>

2.2.1.2 Sobre el aprovechamiento de luz artificial en la iluminación de espacios arquitectónicos.

Los sistemas de iluminación con luz artificial se desarrollaron para no depender de fuentes naturales, y, basan su funcionamiento en la transformación de energía en luz [37].

En función de la ubicación de la fuente de luz, los sistemas de iluminación con luz artificial pueden ser directos o indirectos.

La **iluminación directa** se presenta cuando todo el flujo luminoso proveniente de las lámparas, se dirige al suelo. Es el sistema más económico y de mayor rendimiento luminoso. Por contra, el riesgo de deslumbramiento directo es alto, y produce sombras duras poco agradables para la vista [41].

En la **iluminación indirecta**, del 90 al 100 % de la luz se dirige hacia el techo, y, luego se distribuye luego en el ambiente por refracción. En este tipo de iluminación produce ambientes agradables, con luz suave y sin sombras [41].

En la actualidad, para la iluminación residencial y comercial se utilizan diversos tipos de lámparas: incandescentes, fluorescentes, y, de tecnología LED (ver Fig.2.4).

En las **lámparas incandescentes**, un filamento se calienta por el paso de la corriente eléctrica a través de él, emitiendo luz. El filamento está encerrado en un bulbo de vidrio, que tiene una base adecuada para conectar la lámpara a un receptáculo eléctrico (socket) [42].

En las **lámparas fluorescentes**, un tubo de vidrio con el interior cubierto de fósforo en polvo, fluye al excitarse con luz ultravioleta. Los electrodos del filamento se montan en juntas de extremo, conectadas a las clavijas de la base. El tubo se llena con gas inerte (como argón) y una gota de mercurio, y, se opera a una presión relativamente baja [42].

Las **lámparas de tecnología LED**, son lámparas de bajo consumo energético [42].



Figura 2.4 Vista general de luminarias de tecnología LED, fluorescentes e incandescente.

Fuente: <http://icasasecologicas.com/wp-content/uploads/2013/05/bombillas-31.jpg>

2.2.1.3 Sobre el uso racional de las fuentes de luz en los sistemas de iluminación de espacios arquitectónicos.

Para la iluminación de espacios arquitectónicos se utilizan diversos sistemas de iluminación los mismos que en función de su aplicación se clasifican en 3 grupos: de iluminación interior, de iluminación exterior, y, de iluminación monumental.

La **iluminación interior** se aplica para el interior de las edificaciones. La **iluminación exterior** se utiliza en las zonas exteriores de la edificación (patios, invernaderos, jardines,

piscinas, piletas, etc.). Por su parte, la **iluminación monumental** se emplea para resaltar detalles de las edificaciones.

La utilización de fuentes naturales o artificiales de luz en los 3 sistemas de iluminación, depende de variables tales como la hora del día, o, los niveles de irradiación solar (ver Fig.2.5).

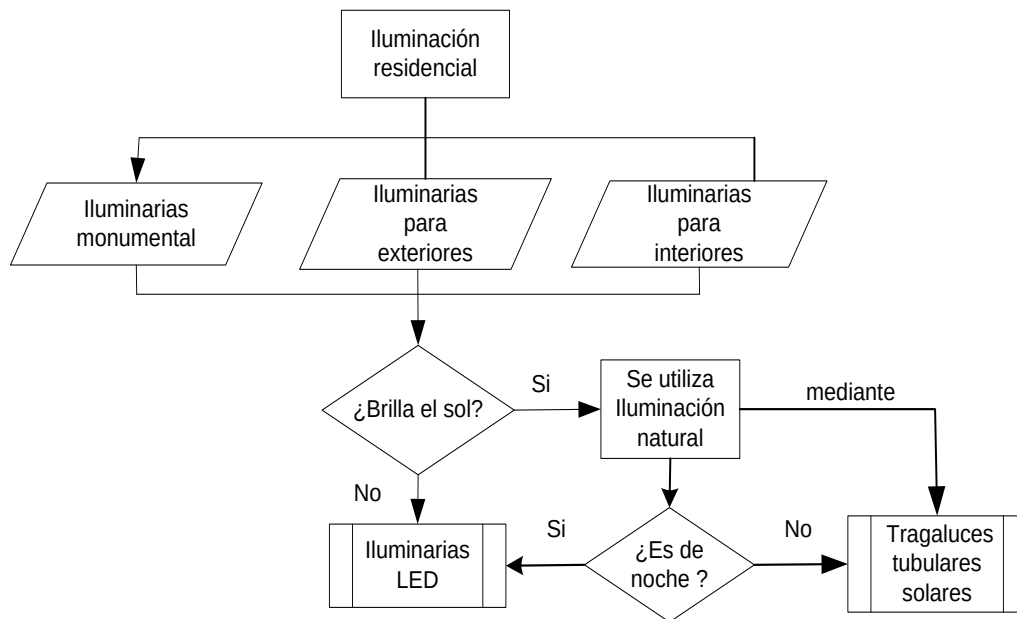


Figura 2.5 Diagrama de bloques luminaria residencial.

Fuente: Elaboración de los autores.

2.2.2 Sobre la vivienda a utilizar como referencia.

Ante la no disponibilidad del diseño arquitectónico definitivo de la vivienda prototipo, se optó por ejecutar la fase de prediseño del sistema de iluminación sobre la base de una aproximación arquitectónica de la vivienda, de estilo vanguardista como el requerido por los propietarios, con un área efectiva de construcción de 15 x 22m, con una altura total aproximada de 9,5 m.

El diseño se lo efectuó tomando en cuenta la ubicación de la vivienda, su tipo, y sabiendo que los propietarios utilizarán la planta baja para comercio y la planta alta para uso residencial propio con una población de 3 a 4 personas máximo. La distribución de espacios y diseño en 2D fue creado exclusivamente por los autores de este paper.

La vivienda propuesta puede ser habitada por 4 personas. En la planta baja (ver Fig.2.6) se incluye un patio, cocina, garaje, área de riego, baño social, área de riego y 2 habitaciones. En la primera planta alta (ver Fig.2.7) se ubican un gimnasio, 2 baños sociales, cocina, comedor, sala, balcón, y, 2 habitaciones. La vivienda también posee una terraza (ver Fig.2.8).

De acuerdo a la ubicación geográfica de la ciudad, se esperan temperaturas fluctuantes entre 16° C y 21° C, con una temperatura diaria promedio de 17° C [43], [44].

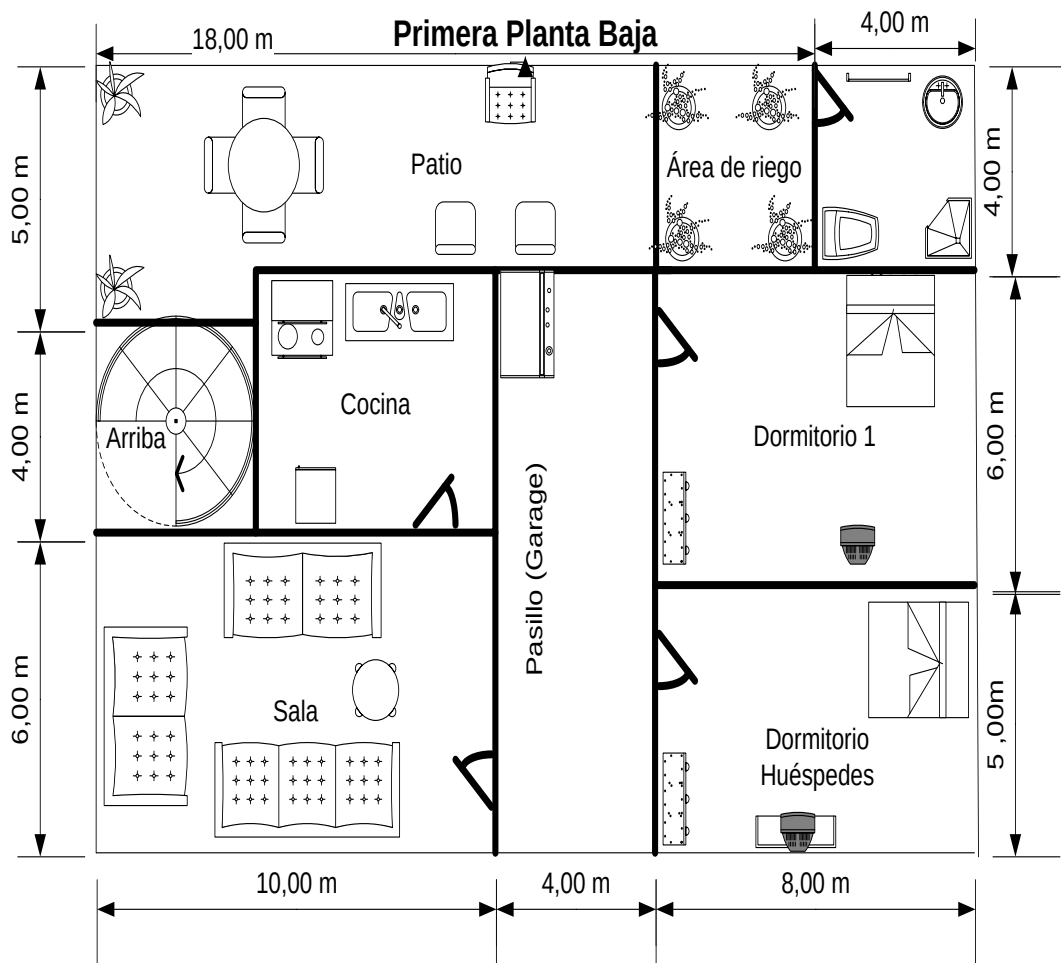


Figura 2.6 Distribución de espacios en la planta baja de la vivienda prototipo utilizada como referencia en la etapa de prediseño del sistema de iluminación.

Fuente: Diseño de autores.

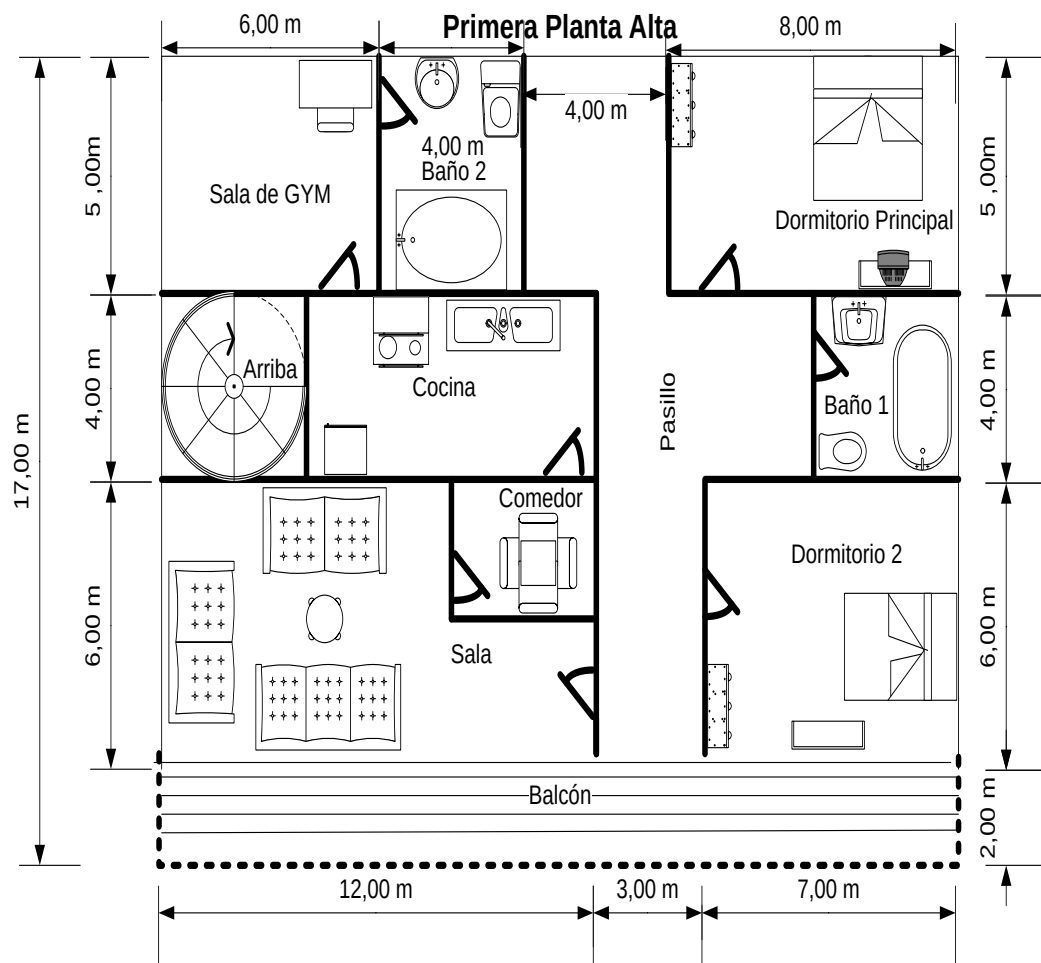


Figura 2.7 Distribución de espacios en la primera planta alta de la vivienda prototipo utilizada como referencia en la etapa de prediseño del sistema de iluminación.

Fuente: Diseño de autores.

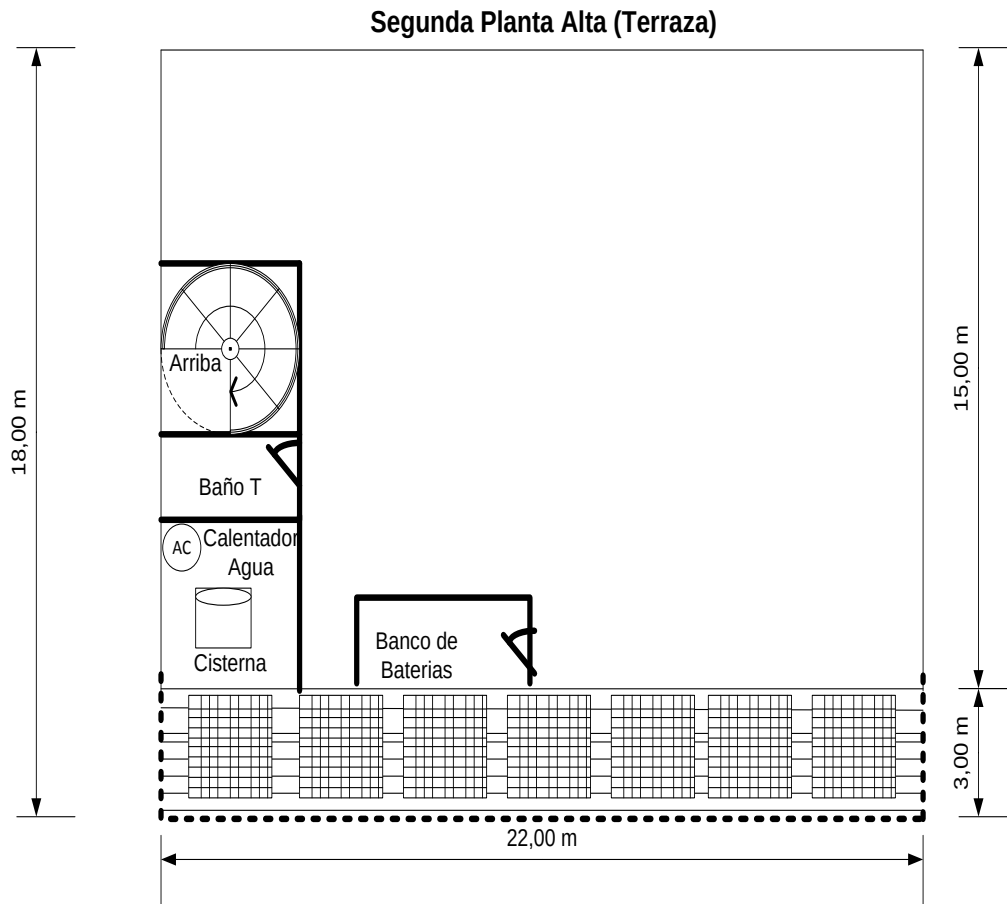


Figura 2.8 Distribución de espacios en la segunda planta alta de la vivienda prototipo utilizada como referencia en la etapa de prediseño del sistema de iluminación.

Fuente: Diseño de autores.

2.2.3 Arquitectura propuesta para el sistema de iluminación.

Como resultado de una lluvia de ideas, el equipo de trabajo decidió proponer la implementación de un sistema de iluminación interna y externa, de naturaleza híbrida que conjugue las ventajas de la iluminación LED y de los tragaluces tubulares solares.

2.2.4 Prediseño del sistema de iluminación para la vivienda.

Considerando la distribución de espacios sugerida, y, sobre la base de los criterios mínimos de luminosidad para espacios habitables, se procedió a seleccionar la ubicación tentativa de iluminarias LED. La ubicación tentativa de tragaluces tubulares solares se realizó considerando la necesidad de garantizar el flujo de luz solar hacia los dormitorios, evitando la contaminación visual a consecuencia del tubo. En la noche, el tragaluz solar se iluminará desde una lámpara LED adaptada al tubo. Las Fig.2.9, 2.10, y, 2.11 muestran la ubicación tentativa de las iluminarias LED y de los tragaluces tubulares.

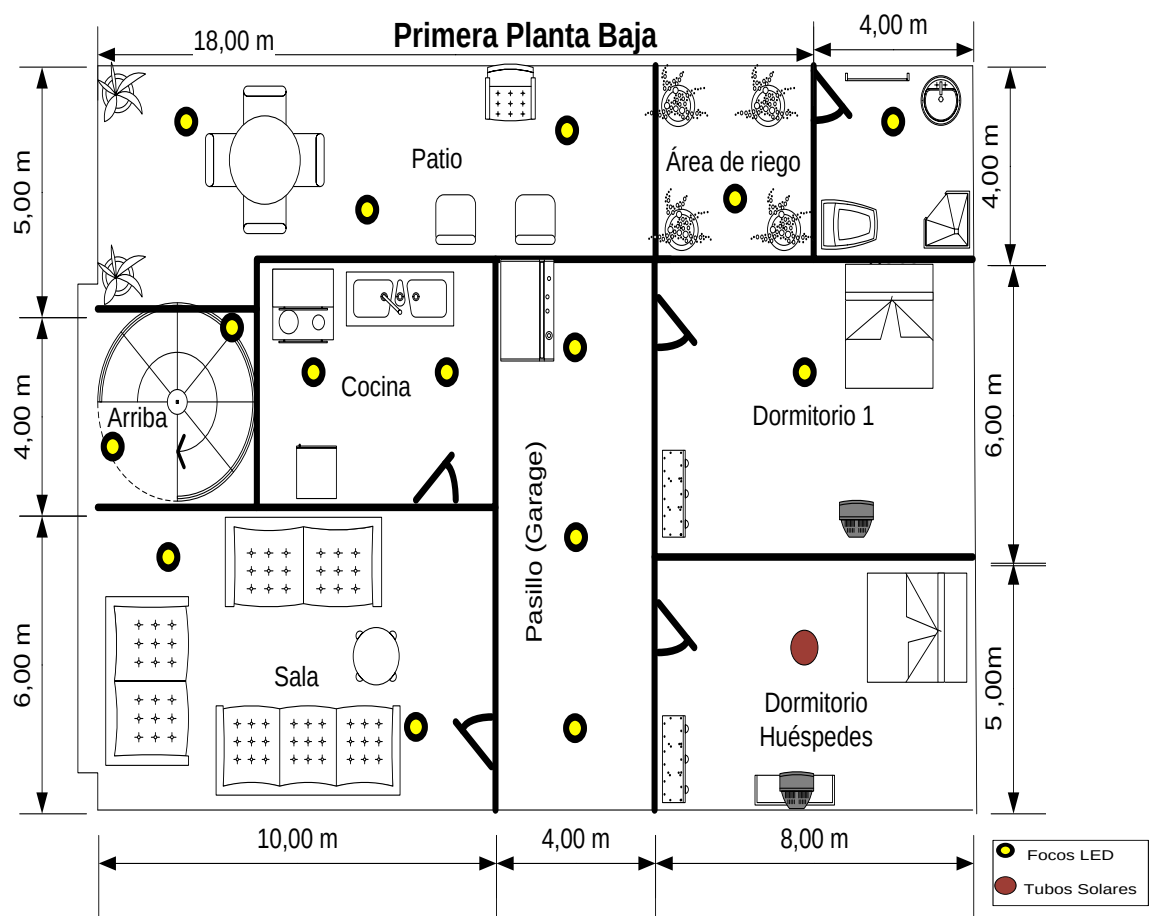


Figura 2.9 Ubicación tentativa de i luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la planta baja de la vivienda.

Fuente: Diseño de autores.

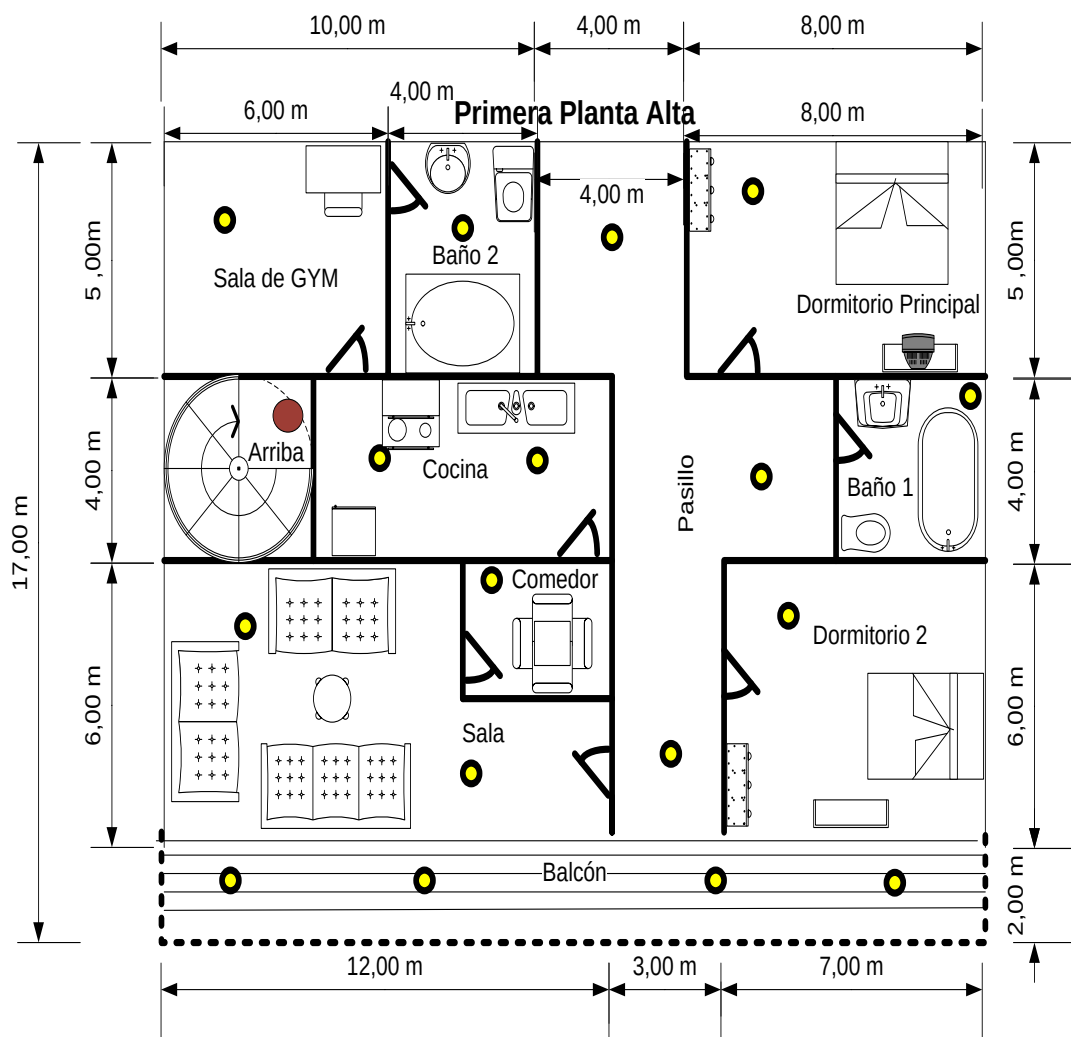


Figura 2.10 Ubicación tentativa de i luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la primera planta alta de la vivienda.

Fuente: Diseño de autores.

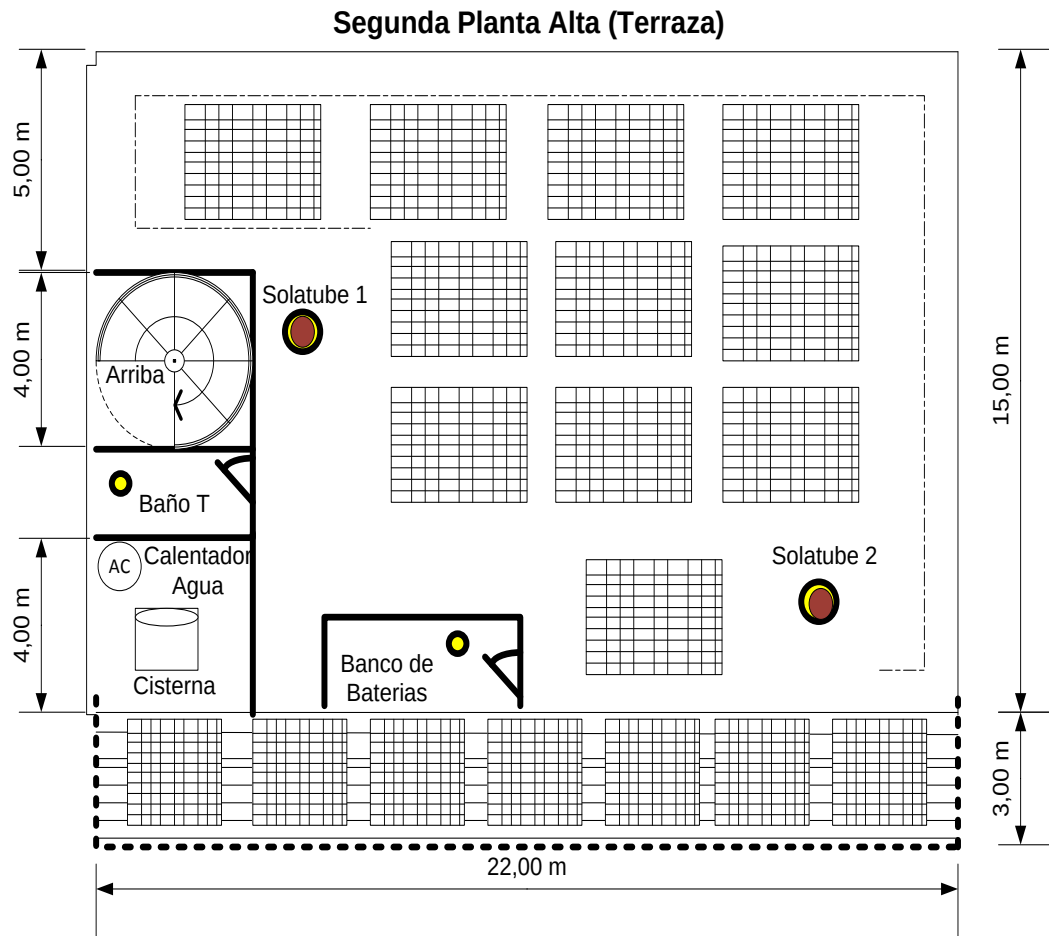
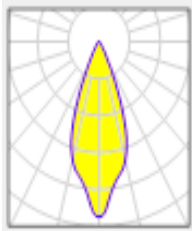
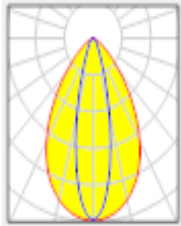


Figura 2.11 Ubicación tentativa de luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la segunda planta alta de la vivienda.

Fuente: Diseño de autores.

Se sugirió el empleo de lámparas de 10 W para iluminación interior, y, de 28 W para iluminación exterior. Con ayuda del software Dialux se simuló el desempeño de luminarias LED en el vatiage sugerido. Como resultado se decidió proponer el uso de luminarias LED SP80B y SP90 para 100-240 VAC [45]. La Tabla 1.1 muestra los resultados obtenidos en la simulación de desempeño de las luminarias seleccionadas.

Tabla 2.1 Resultados de la simulación de desempeño de las luminarias LED seleccionadas para utilizarse en iluminación interior y exterior.

Tipo de iluminación	Ambientes	Área (m ²)	Tipo de luminaria	Patrón de radiación	Flujo luminoso (lm)
Iluminación interior	Cocina	30	LED SP 80B (10 W)		450
	Sala	60			
	Dormitorio 1	48			
	Dormitorio 2	40			
	Área de riego	16			
	Garaje	44			
	Gradas	16			
	Baño 1	16			
	Cocina	32			
	Comedor	12			
	Sala	60			
	Dormitorio principal	40			
	Dormitorio 2	42			
	Gimnasio	30			
	Pasillo	62			
	Baño 1	16			
	Baño 2	20			
	Gradas	16			
	Balcón	44			
	Cuarto de baterías	10			
	Baño T	8			
Iluminación exterior	Patio	60	LED SP 90 (28 W)		2100

Fuente: Elaboración de los autores.

La Tabla 2.2 resume la cantidad total requerida de luminarias LED y de tragaluces tubulares.

Tabla 2.2 Requerimiento general de luminarias LED y de tragaluces tubulares solares de la vivienda.

Tipo	Potencia, W		Cantidad	Total
LED	<i>Interior</i>	10	31	34
	<i>Exterior</i>	28	3	
Tubos Solares	<i>Planta baja</i>		1	2
	<i>Planta alta</i>		1	

Fuente: Elaboración de los autores.

Determinado el número total de luminarias, y, verificado su desempeño, se procedió a evaluar el requerimiento de carga eléctrica para su alimentación. La Tabla 2.3 muestra los resultados obtenidos, que servirán de base para dimensionar el sistema fotovoltaico con el que se pretende abastecer de energía eléctrica a la vivienda.

Tabla 2.3 Aproximación de la carga requerida para abastecer al sistema de iluminación de la vivienda.

Secciones	Ambientes	Unid.	Potencia (W)	Tiempo de uso (h/día)	Consumo de energía (Wh/día)	Consumo mensual (Wh/m)
Planta Baja	Cocina	2	10	3	60	1800
	Sala	2	10	4	80	2400
	Dormitorio 1	1	10	8	80	2400
	Dormitorio 2	1 ST (día)	LED 10 (noche)	2	20	1200
	Área de riego	1	10	1	10	300
	Patio	3	28	6	504	15120
	Garaje	3	10	6	180	5400
	Baño 1	1	10	3	30	900
	Gradas	2	10	2	40	1200
Planta Alta	Cocina	2	10	3	60	1800
	Comedor	1	10	3	30	900
	Sala	2	10	4	80	2400
	Dormitorio principal	1	10	8	80	2400

	Dormitorio 2	1	10	8	80	2400
	Gimnasio	1	10	2	20	600
	Pasillo	3	10	6	180	5400
	Baño 1	1	10	3	30	900
	Baño 2	1	10	3	30	900
	Gradas	1 ST (día)	LED 10 (noche)	2	20	60
	Balcón	4	10	3	120	3600
Terraza	Cuarto de baterías	1	10	2	20	600
	Baño T	1	10	3	30	900
Total					1804	54120
*ST = Tragaluces solares tubulares (Solatube)						

Fuente: Elaboración de los autores.

En relación a los tragaluces tubulares solares, se decidió emplear el modelo Solatube DS160 residencial, de 25 cm de diámetro, para cuya instalación se requiere de orificios en la losa o cubierta de 30 cm de diámetro (ver Fig.2.12) [46].

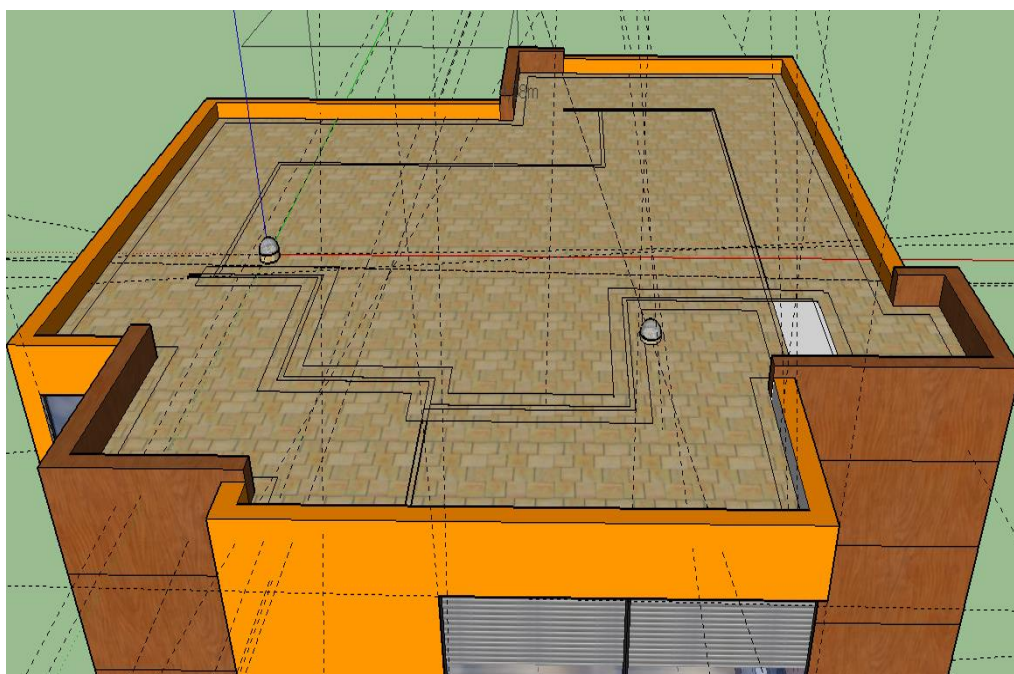


Figura 2.12 Iluminación Solatube de una vivienda residencial.

Fuente: Elaboración de los autores.

2.2.5 Presupuesto de inversión.

La Tabla 2.4 muestra el presupuesto aproximado de inversión en iluminación, considerando equipos, mano de obra en instalación, e imprevistos.

Tabla 2.4 Presupuesto de inversión en iluminación.

Item	Monto
Solatube DS 160 + 110V LED	2.338,80
Mano de obra Solatube	450,00
Luminarias LED (SP80B) y (SP90)	2.010,00
Mano de obra luminarias LED	360,00
Imprevistos (5%)	257,94
TOTAL	5.416,74

Fuente: Elaboración de los autores.

2.3 Prediseño de un sistema fotovoltaico integrado para una vivienda urbana tipo.

2.3.1 Información preliminar para el diseño.

2.3.1.1 Aproximación de la demanda de energía en la vivienda.

En este proyecto, se decidió que la aproximación de la demanda de energía se realizaría por separado para cargas en CD (iluminación) y cargas en CA (fuerza), considerando el uso de electrodomésticos y dispositivos comunes en la actualidad. Las Tablas 2.5 y 2.6 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2.5 Aproximación de la demanda de energía eléctrica de la vivienda en CA.

Artefacto	Cant.	Consumo, W	Uso, horas/día	Consumo diario, Wh/día	Consumo mensual, KWh/mes
Licuadaora	1	350	1	350	10.50
Refrigeradora	1	200	15	3000	90.00
Cafetera	1	800	1	800	24.00
Tostadora	1	650	0.5	325	9.75
Microondas	1	1000	0.5	500	15.00
Router ADSL	1	10.12	16	161.92	4.86
Televisor LCD 37"	3	100	4	1200	36.00
Consola de juego PS3	1	194	3	582	17.46
Cargador Teléfono	4	3.1	4	49.6	1.49
Lavadora	1	500	2	1000	30.00
Plancha	1	1000	0.1	100	3.00
Equipo de sonido	1	100	2	200	6.00
Impresora Canon	1	17	0.25	4.25	0.13
Parlantes Pc	1	4	1.5	6	0.18
Computadora de mesa	2	220	3	1320	39.60
Portátil MacBook	2	63.5	6	762	22.86
Despertador reloj digital	2	5	24	240	7.20
TOTAL	25	5216.72	83.85	10600.77	318.02

Fuente: Elaboración de los autores.

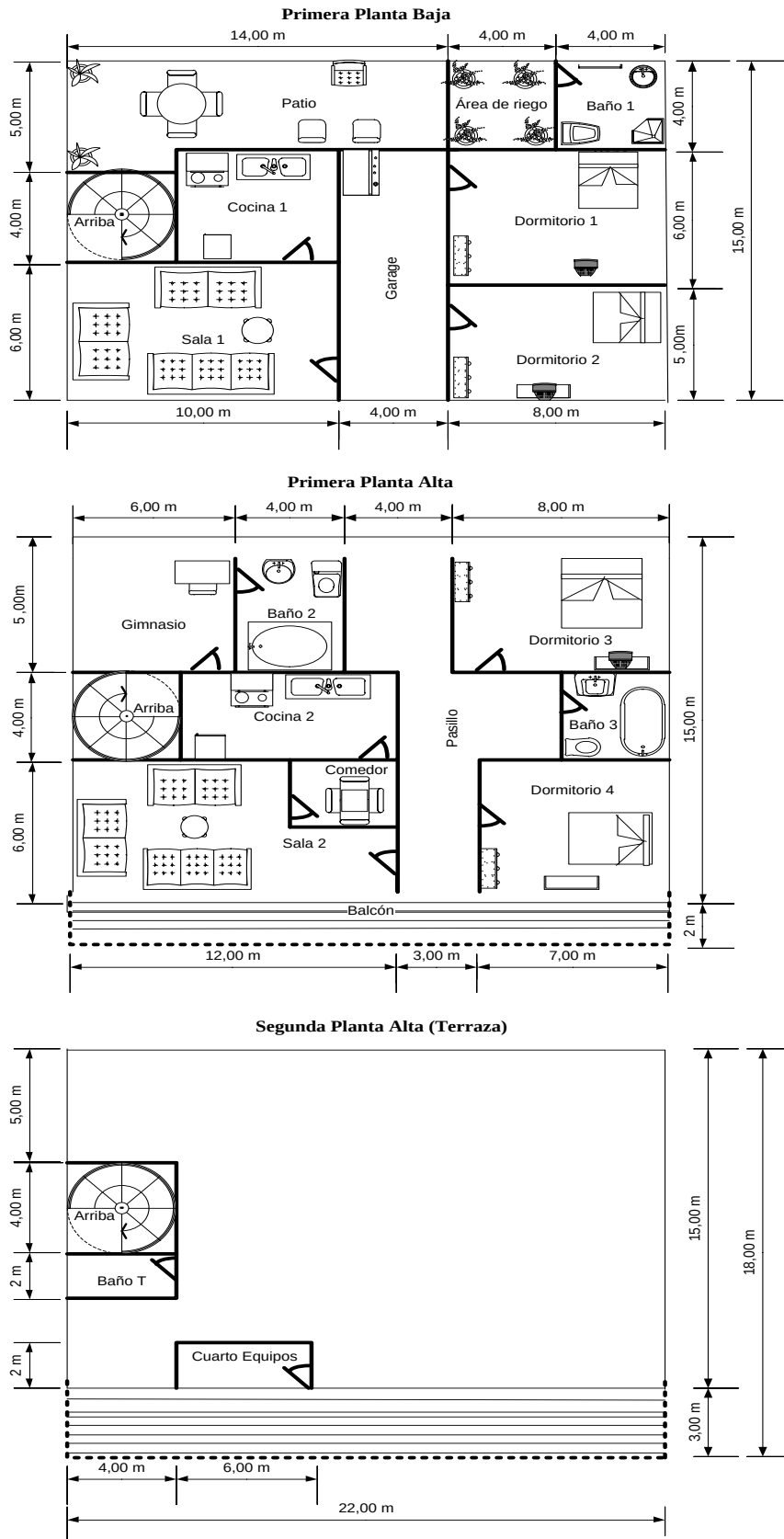


Figura 2.13 Diseño tipo de vivienda urbana minimalista.

Fuente: Elaboración de los autores.

Tabla 2.6 Aproximación de la demanda de energía eléctrica de la vivienda en CD.

Ubicación de luminaria	Cant.	Consumo, W	Uso, horas/día	Consumo diario, Wh/día	Consumo mensual, KWh/mes
Cocina 1	2	10	3	60	1,80
Sala 1	2	10	4	80	2,40
Dormitorio 1	1	10	8	80	2,40
Dormitorio 2	1	10	4	40	1,20
Área de riego	1	10	1	10	0,30
Patio	3	28	6	504	15,12
Garaje	3	10	6	180	5,40
Baño 1	1	10	3	30	0,90
Gradas	2	10	2	40	1,20
Cocina 2	2	10	3	60	1,80
Comedor	1	10	3	30	1,20
Sala 2	2	10	4	80	0,90
Dormitorio 3	1	10	8	80	2,40
Dormitorio 4	1	10	8	80	2,40
Gimnasio	1	10	2	20	0,60
Pasillo	3	10	6	180	5,40
Baño 2	1	10	3	30	0,90
Baño 3	1	10	3	30	0,90
Gradas	1	10	2	20	0,60
Balcón	4	10	3	120	3,60
Cuarto equipos	1	10	2	20	0,60
Baño T	1	10	3	30	0,90
Total	36	238	87	1804	54,12

Fuente: Elaboración de los autores.

2.3.1.2 Niveles de irradiación solar en la ciudad de Loja.

La Tabla 2.7 muestra los niveles de irradiación solar mensual en la ciudad de Loja, de acuerdo al Atlas Solar del Ecuador, editado por el CONELEC en el 2008.

Tabla 2.7 Niveles de irradiación solar mensual en la ciudad de Loja.

Meses	Días	Valor medio mensual de irradiación total (Wh/m ²)
Enero	31	4000
Febrero	28	4500
Marzo	31	4500
Abril	30	4500
Mayo	31	4800
Junio	30	4800
Julio	31	4800
Agosto	31	5000
Septiembre	30	5000
Octubre	31	5000
Noviembre	30	5000
Diciembre	31	5000

Fuente: Atlas solar CONELEC 2008 [47].

2.3.2 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico a implementar.

2.3.2.1 Arquitectura propuesta para el sistema de provisión de energía eléctrica a la vivienda.

Con la intención de optimizar el uso de espacio en la vivienda, mejorar las prestaciones de backup, y, minimizar la inversión en el sistema fotovoltaico, se decidió que la carga en CA sea suministrada desde la red pública de energía eléctrica, mientras que la carga de CD (exclusivamente iluminación LED de 24V) sea atendida por el sistema fotovoltaico, a través de un módulo de transferencia para backup.

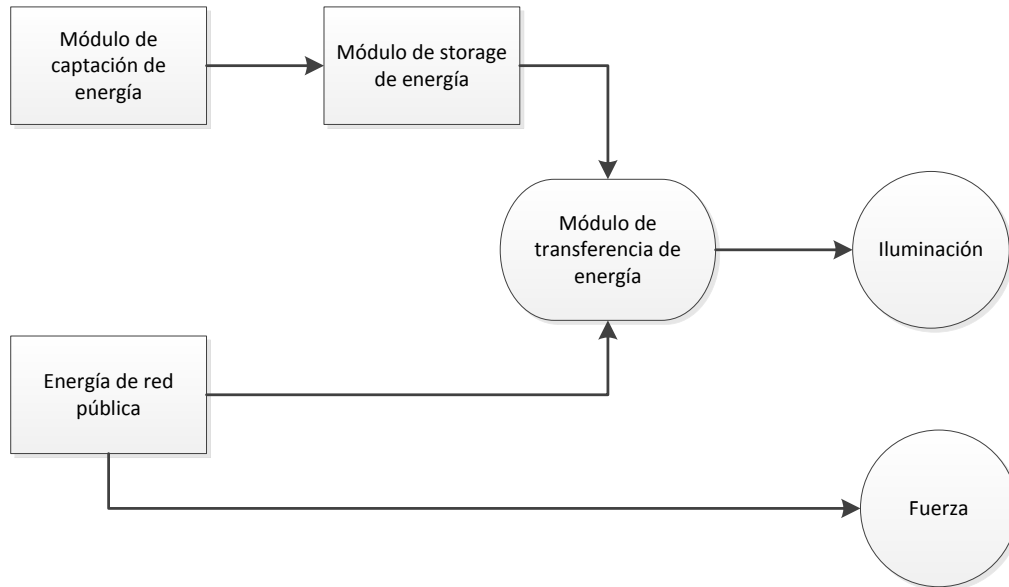


Figura 2.14 Arquitectura propuesta para el sistema de provisión de energía eléctrica en la vivienda.

Fuente: Elaboración de los autores.

2.3.2.2 Dimensionamiento del módulo de captación de energía.

En primera instancia, se determinó la intensidad diaria de corriente a través de la expresión (1), obteniendo un valor de 75,17 Ah.

$$I_{cd} = \frac{CT_{cd}}{V_{cd}} \quad (1)$$

En dónde,

I_{cd} , es la intensidad de corriente diaria, Ah.

CT_{cd} , es la carga total en CD, Wh.

V_{cd} , es la tensión del sistema fotovoltaico, V.

La carga de corriente corregida I_{cd_a} , se obtuvo mediante la ecuación (2), estableciendo un valor de 90,20 Ah.

$$I_{cd_a} = I_{cd} \times f_s \quad (2)$$

En dónde,

I_{cd} , es la intensidad de corriente diaria, Ah.

f_s , es el factor de seguridad del sistema, que en este proyecto se estableció en 1,2.

La corriente pico I_p se obtuvo mediante la expresión (3). Considerando que, de acuerdo a la Tabla 3, el nivel de irradiación solar media I_{cd_m} más bajo se registra en enero, con un valor de 4000 Wh/m^2 , la corriente pico se estimó en 22,55 A.

$$I_p = \frac{I_{cd_a}}{I_{cd_m}} \quad (3)$$

En dónde,

I_p , es la radiación solar media, A.

I_{cd_a} , es la carga de corriente corregida, Ah.

I_{cd_m} , es la radiación solar media Wh/m^2 .

El número de módulos solares requeridos N_{pf} se calculó a través de la expresión (4), obteniendo una valor de 3. La Tabla 2.8 muestra las características técnicas de los módulos fotovoltaicos seleccionados.

$$N_{pf} = \frac{I_p}{I_{pm}} \quad (4)$$

En dónde:

I_p , es la corriente pico del sistema, A.

I_{pm} , es la corriente pico del panel fotovoltaico, A.

Tabla 2.8 Especificaciones técnicas de los módulos de captación de energía [48].

Fabricante	Sanyo
Modelo	MP6-230E01
Potencia máxima	230 W
Voltaje de operación	24 V
Corriente máxima	7.83 A
Corriente en corto circuito	8.42 A
Número de paneles	3

Fuente: Elaboración de los autores.

2.3.2.3 Dimensionamiento del módulo de storage de energía.

Un módulo de storage de energía consta de un regulador de carga, un arreglo de baterías, y, de un inversor (en caso de requerirse).

El regulador de carga protege a la batería frente a sobrecargas, controla constantemente el estado de carga y regula la intensidad de carga para alargar la vida útil de las baterías. También posee la capacidad de generar alarmas en función del estado de carga [49].

La corriente máxima a través del regulador se obtuvo mediante la ecuación (5), logrando con un valor de 30,31 A. La Tabla 2.9 resume las características técnicas del regulador seleccionado.

$$I_{\text{reg}} = I_{\text{sc}} \times N_p \times f_s \quad (5)$$

En dónde,

I_{sc} , es la corriente en corto circuito del panel fotovoltaico, A.

N_p , es el número de paneles.

f_s , es el factor de sobredimensionamiento.

Con este valor, se especifica en la Tabla 2.9 las características técnicas del regulador de carga.

Tabla 2.9 Especificaciones técnicas del regulador de carga [50].

Fabricante	Phocos
Modelo	PL60
Voltaje de operación	24 V
Corriente máxima de los módulos fotovoltaicos	60 A
Corriente máxima de la carga	30 A

Fuente: Elaboración de los autores.

La capacidad nominal de la batería (C_{nb}), se obtuvo con la expresión (6), estableciendo un valor de 180,40 Ah.

$$C_{nb} = I_{\text{cd}_a} \times \text{días de reserva} \quad (6)$$

En dónde:

I_{cd_a} , es la carga de corriente corregida, Ah.

Los días de reserva por lo general no sobrepasan los 3 a 4 días. Para este proyecto se consideró 2 días de autonomía.

La capacidad corregida del banco de baterías ($C_{n_{bc}}$), con una profundidad de descarga no mayor a 0,8, se obtuvo a través de la ecuación (7), logrando un resultado de 225,50 Ah.

$$C_{n_{bc}} = \frac{C_{n_b}}{\text{profundidad de descarga}} \quad (7)$$

En dónde,

C_{n_b} , es la capacidad nominal de la batería, Ah.

Por último, se determinó la capacidad corregida del banco de baterías en paralelo (A_{b_p}), empleando la ecuación (8), obteniendo un valor de 3. La Tabla 2.10 muestra las características técnicas del arreglo de baterías propuesto.

$$A_{b_p} = \frac{C_{n_{bc}}}{C_{n_b}} \times f_v \quad (8)$$

En dónde:

$C_{n_{bc}}$, es la capacidad corregida del banco de baterías, Ah.

C_{n_b} , es la capacidad nominal de batería, Ah.

f_v , es el cociente entre el voltaje del sistema y las baterías.

Tabla 2.10 Especificaciones técnicas del banco de baterías [51].

Fabricante	Ritar Powerstar
Modelo	DC12-150
Voltaje de operación	12 V
Capacidad	150 Ah
Máximo corriente permitida	78 A
Número de baterías	4

Fuente: Elaboración de los autores.

El inversor es un dispositivo que transforma la CC, procedente del regulador, en CA para alimentar las cargas [52]. En el marco de este proyecto, la naturaleza de la carga permite prescindir de este equipo.

2.3.2.4 Dimensionamiento del módulo de transferencia de energía.

El módulo de transferencia provee de un flujo continuo de energía a la carga, mediante el uso de la red pública como backup. El módulo posee tres dispositivos electrónicos: un inversor, un sensor de voltaje, y un conmutador.

El inversor se encarga de transformar la energía de red pública, de 120V CA a 24V CD. El sensor verifica el nivel de voltaje proveniente del sistema fotovoltaico, y, en caso de existir un descenso de energía, emite una señal al conmutador. El conmutador electrónico selecciona, según el requerimiento de la carga, entre dos posibles vías para suministrar energía eléctrica.

En la etapa de ingeniería de detalle se explicará los detalles de diseño e implementación de este módulo.

2.3.2.5 Presupuesto de inversión.

La Tabla 2.11 resume el presupuesto de inversión requerido para la implementación del sistema fotovoltaico. En la etapa de ingeniería de detalle se explicará los rubros para la integración del sistema a la vivienda.

Tabla 2.11 Presupuesto de inversión en la implementación del sistema fotovoltaico.

Tipo	Inversión (USD)
Módulo de captación de energía	1718,64
Módulo de storage de energía	3152,67
Módulo de transferencia de energía	520
Dirección e implementación	1521,39
Imprevistos	304,28
TOTAL	7216,98

Fuente: Elaboración de los autores.

2.4 Diseño del sistema de iluminación híbrida.

Una vez que el Departamento de Arquitectura y Artes de la UTPL entregó el diseño arquitectónico de la vivienda urbana tipo, fue necesario adaptar el prediseño del bloque de iluminación a las nuevas condiciones.

Como primera acción se confirmó la arquitectura propuesta para la provisión de energía a la vivienda, y, para la provisión de energía al bloque de iluminación (ver Fig.2.16 y 2.17). Para cubrir la demanda de energía durante la noche y ante la ausencia de energía solar disponible, se prevé la utilización de bloques de reserva de energía, y de un conmutador para atender la provisión de energía directamente desde la red pública. El sistema de fuerza se atiende directamente desde la red pública y no es parte de este proyecto.

2.4.1 Generalidades del sistema a diseñar.

2.4.1.1 Sobre la vivienda urbana tipo.

El diseño arquitectónico de la vivienda urbana tipo fue proporcionado por el Departamento de Arquitectura y Artes de la UTPL (ver Fig.2.15). La vivienda, de corte minimalista, fue diseñada para una familia promedio de 4 integrantes. Consta de 2 plantas, de 10 m x 23.30 m, con un área efectiva de 233 m², y una altura total de 9,27 m. En la planta baja consta de comedor, cocina, garaje, jardín, baño social, estudio, y bodega. En la primera planta alta, se ubica un vestidor, dos baños sociales, una sala de estar, un balcón, una habitación master, y, dos habitaciones adicionales.

Desde la perspectiva del aprovechamiento de energía solar, se destaca la existencia de una terraza en la vivienda, y, su orientación este – oeste, por lo que el Sol irradia la fachada frontal, posterior y la terraza.

2.4.1.2 Sobre los niveles de irradiación solar en la ciudad de Loja.

La Tabla 2.12 muestra los niveles de irradiación solar mensual registrados en la ciudad de Loja, de acuerdo al Atlas Solar del Ecuador, editado por el CONELEC en el 2008.

Tabla 2.12 Niveles de irradiación solar mensual en la ciudad de Loja [53].

Meses	Días	Valor medio mensual de irradiación total (Wh/m ² /día)
Enero	31	4000
Febrero	28	4500
Marzo	31	4500
Abril	30	4500
Mayo	31	4800
Junio	30	4800
Julio	31	4800
Agosto	31	5000
Septiembre	30	5000
Octubre	31	5000
Noviembre	30	5000
Diciembre	31	5000

Fuente: Elaboración de los autores.

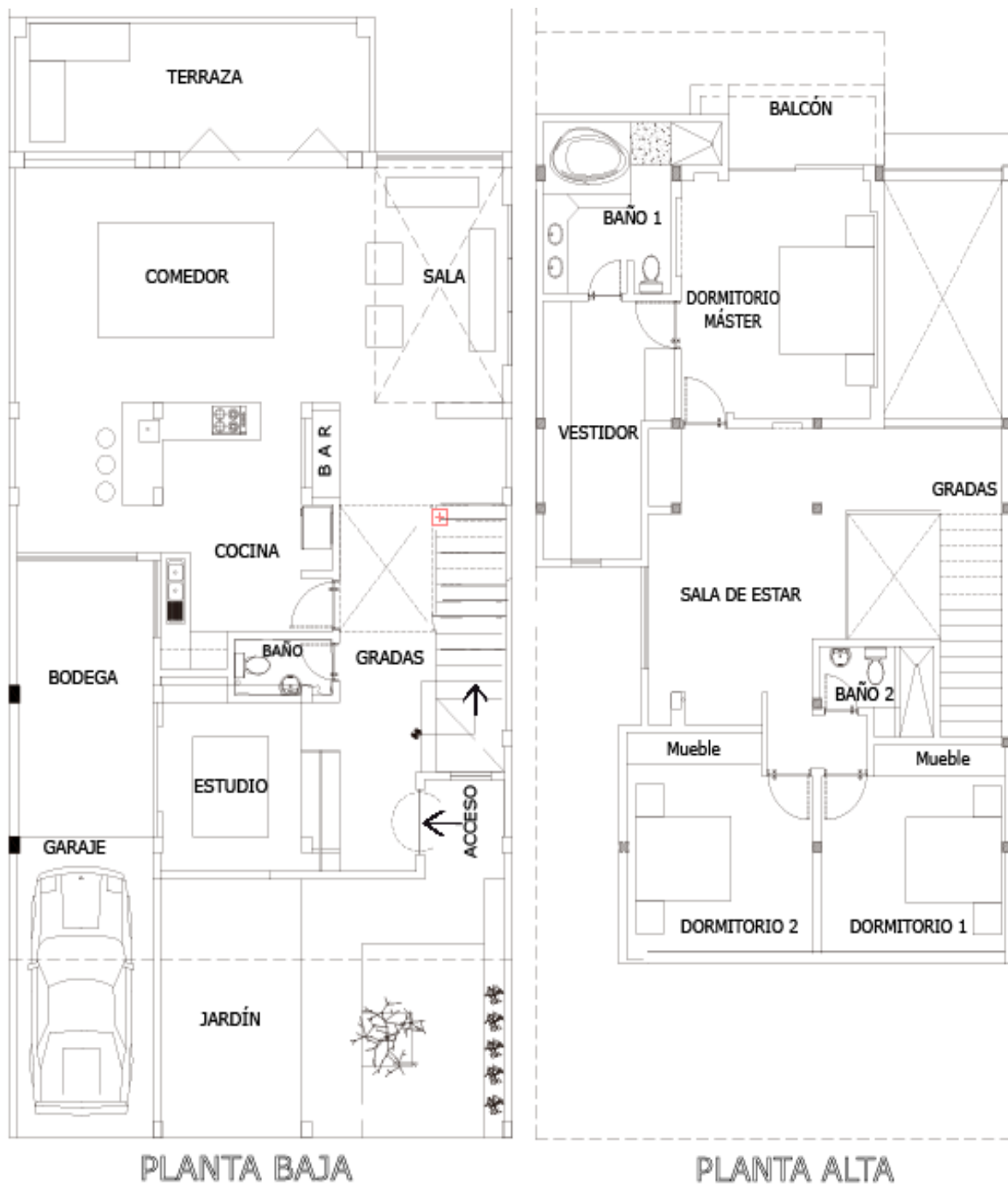


Figura 2.15 Diseño arquitectónico propuesto para la vivienda urbana tipo.

Fuente: Diseño del Departamento de Arquitectura y Artes de la UTPL.

2.4.1.3 Sobre la arquitectura general del sistema integral a diseñar.

Dado el potencial de aprovechamiento solar, el equipo de trabajo decidió diseñar un sistema integral que provea a la vivienda de energía para un bloque de iluminación híbrida y para un bloque de aprovechamiento de energía termosolar.

2.4.1.4 Generalidades del diseño.

El equipo de trabajo propuso el diseño de un sistema de iluminación interna y externa, de naturaleza híbrida, que partiendo de la energía entregada por módulos fotovoltaicos alimente lámparas LED, y, complemente la iluminación diurna con tragaluces tubulares solares (ver Fig.2.16).

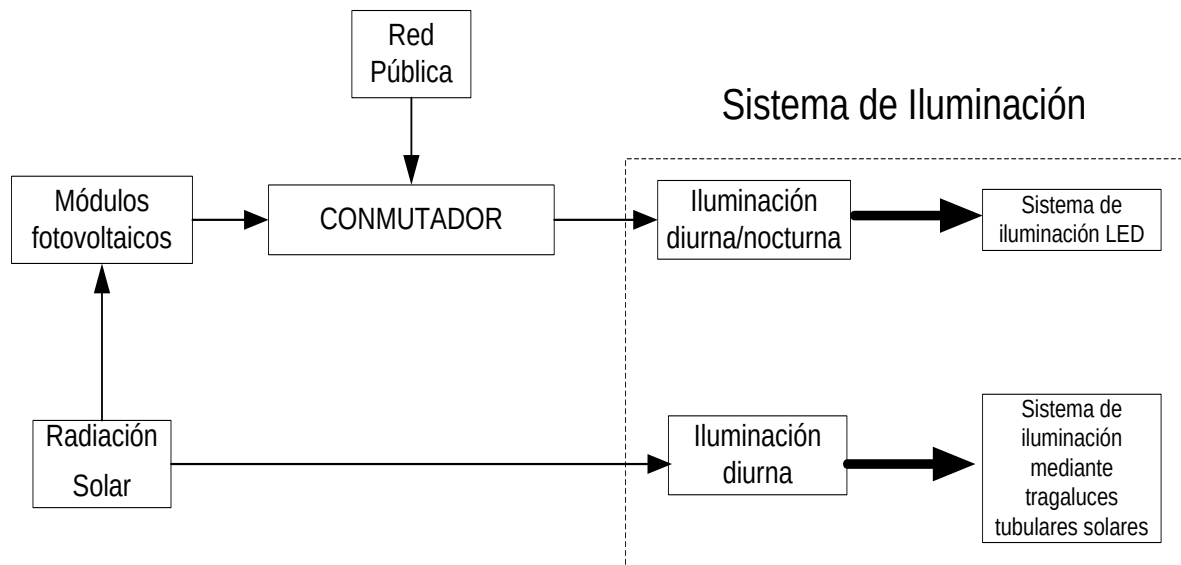


Figura 2.16 Arquitectura propuesta para el sistema de iluminación híbrida de la vivienda urbana tipo.

Fuente: Elaboración de los autores.

Para cubrir la demanda de energía durante la noche y ante la ausencia de energía solar disponible, se prevé la utilización de bloques de reserva de energía, y de conmutadores, para atender la provisión de energía directamente desde la red pública (ver Fig.2.17). El sistema de fuerza se atiende directamente desde la red pública y no es parte de este proyecto.

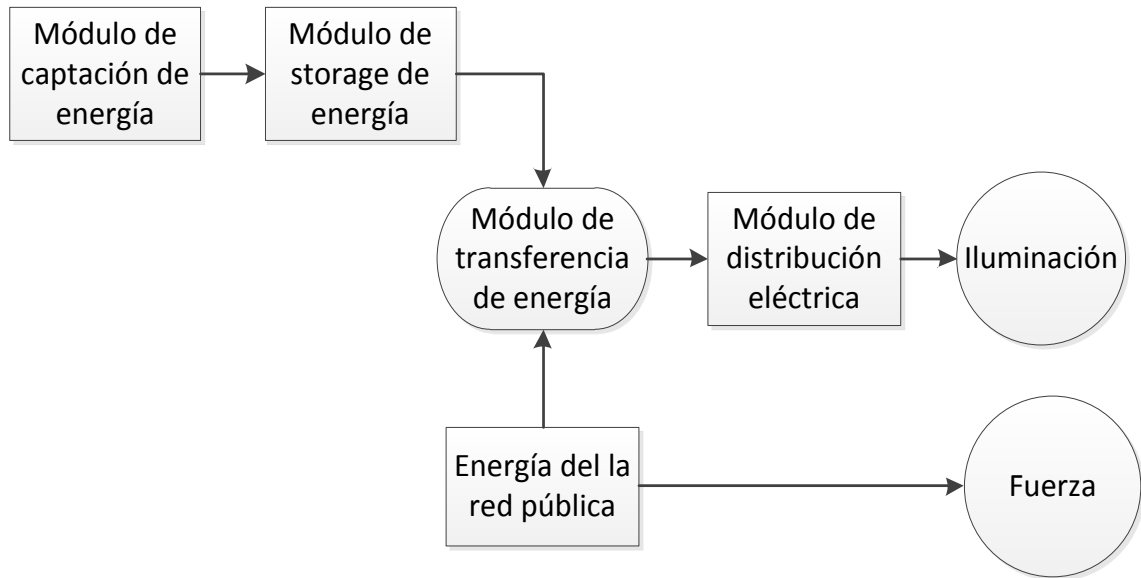


Figura 2.17 Arquitectura propuesta para la provisión de energía eléctrica en la vivienda.

Fuente: Elaboración de los autores.

Adicionalmente, durante la noche, los tragaluces solares se iluminarán con lámparas LED.

2.4.1.5 Criterios de iluminación.

Las luminarias LED se distribuyeron en los espacios de la vivienda, bajo la premisa de conseguir un número mínimo de unidades. Es importante recalcar que se busca también un cambio en el paradigma de pensamiento de los habitantes de la vivienda, razón por lo cual también fue determinante las condiciones de iluminación natural de la vivienda.

Los tragaluces tubulares solares se ubicaron bajo la premisa de garantizar el flujo de luz solar hacia el estudio y la sala de estar, espacios en los que se prioriza la iluminación natural sobre la artificial. Las Fig.2.18. 2.19 y 2.20, muestran la distribución de luminarias LED y tragaluces tubulares en cada planta de la vivienda.



Figura 2.18 Distribución de iluminarias LED y tragaluces tubulares solares en la planta baja de la vivienda urbana tipo.

Fuente: Elaboración de los autores.

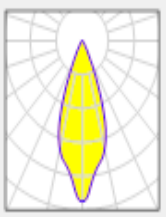
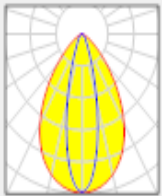


Figura 2.19 Distribución de iluminarias LED y tragaluces tubulares solares en la planta alta de la vivienda urbana tipo.

Fuente: Elaboración de los autores.

De entre los modelos existentes, se eligió las iluminarias LED SP80B (10W) y SP90 (28W), para 110 V CA [54], las mismas que al ser sometidas a una simulación de desempeño en el aplicativo Dialux, mostraron patrones de radiación y flujos luminosos acordes con los esperado (ver Tabla 2.13).

Tabla 2.13 Resultados de la simulación de desempeño de las iluminarias LED seleccionadas para utilizarse en iluminación interior y exterior.

Tipo de iluminación	Ambientes	Tipo de iluminaria	Patrón de radiación	Flujo luminoso (lm)
Iluminación interior	Cocina	LED SP 80B (10 W)		450
	Sala			
	Comedor			
	Dormitorio 1			
	Dormitorio 2			
	Garaje			
	Gradas			
	Baño			
	Baño 1			
	Baño 2			
	Estudio			
	Sala de Estar			
	Dormitorio Máster			
	Vestidor			
	Balcón			
	Banco de baterías			
	Bodega			
Iluminación exterior	Jardín	LED SP 90 (28 W)		2100

Fuente: Elaboración de los autores.

La Tabla 2.14 muestra los resultados obtenidos al dimensionar la carga eléctrica requerida para alimentar a las iluminarias LED a ubicar en la vivienda.

Tabla 2.14 Aproximación de la carga eléctrica requerida para abastecer a las iluminarias LED de la vivienda.

Sección	Ambiente	Unid.	Potencia (W)	Tiempo de uso (h/día)	Consumo energía (Wh/día)	Consumo mensual (W-m)
Planta Baja	Cocina	2	10	3	60	1800
	Sala	1	10	4	40	1200
	Comedor	1	10	3	30	900
	Estudio	1 ST (día)	LED (10 noche)	8	80	2400
	Bodega	1	10	0,25	2,5	75
	Baño	1	10	3	30	900
	Gradas	1	10	2	20	600
	Garaje	1	10	2	20	600
	Terraza	2	10	2	40	1200
	Jardín	3	28	4	336	10080
Planta Alta	Balcón	1	10	3	30	900
	Baño 1	2	10	3	60	1800
	Baño 2	1	10	2	20	600
	Dormitorio Máster	1	10	8	80	2400
	Vestidor	2	10	2	40	1200
	Gradas	1	10	2	20	600
	Dormitorio 1	1	10	8	80	2400
	Dormitorio 2	1	10	8	80	2400
	Sala de Estar	1 ST (día)	LED (10 noche)	5	50	1500
Terraza	Banco (Baterías)	1	10	2	20	600
SUBTOTAL, Wh					1138,5	34155
20% DE FACTOR DE RESERVA					227,7	6831
TOTAL, Wh					1366,2	40986
Carga pico del sistema, W					376,8	
*ST= Tragaluces solares tubulares						

Fuente: Elaboración de los autores.

2.4.2 Dimensionamiento de los elementos del circuito fotovoltaico de provisión de energía.

2.4.2.1 Módulos fotovoltaicos.

Para una tensión de 24V CD, una carga total en CA de 1366,2 Wh/día (véase Tabla 2.14), y, un factor de inversión equivalente a 1,2, se determinó la carga total requerida CT_{cd} en 1639,44 Wh/día, utilizando la expresión (1).

$$CT_{cd} = CT_{ca} \times \text{factor de inversión} \quad (1)$$

La intensidad diaria de corriente I_{cd} se calculó en 68,31 Ah, utilizando la expresión (2).

$$I_{cd} = \frac{CT_{cd}}{V_{cd}} \quad (2)$$

En dónde,

I_{cd} , es la intensidad de corriente diaria, Ah.

CT_{cd} , es la carga total en CD, Wh.

V_{cd} , es la tensión del sistema fotovoltaico, V.

La carga de corriente corregida I_{cda} se calcula mediante la ecuación (3), obteniendo un valor de 81,97 Ah.

$$I_{cda} = I_{cd} \times f_s \quad (3)$$

En dónde,

I_{cd} , es la intensidad de corriente diaria, Ah.

f_s , es el factor de seguridad del sistema, que en este proyecto se estableció en 1,2.

La corriente pico I_p se calcula mediante la expresión (4). Considerando que el nivel de irradiación solar media I_{cdm} más bajo en la ciudad de Loja, se registra en enero (4000 Wh/m²), la corriente pico se estimó en 20,49 A.

$$I_p = \frac{I_{cda}}{I_{cdm}} \quad (4)$$

En dónde,

I_p , es la radiación solar media, A.

I_{cda} , es la carga de corriente corregida, Ah.

I_{cd_m} , es la radiación solar media Wh/m^2 .

El número de módulos solares requeridos N_{pf} se calculó a través de la expresión (5), obteniendo un valor de 3. La Tabla 2.15 muestra las características técnicas de los módulos fotovoltaicos seleccionados.

$$N_{pf} = \frac{I_p}{I_{pm}} \quad (5)$$

En dónde,

I_p , es la corriente pico del sistema, A.

I_{pm} , es la corriente pico del panel fotovoltaico, A.

Tabla 2.15 Especificaciones técnicas de los módulos de captación de energía [55].

Fabricante	GMA Solar
Modelo	GMA250P
Largo	165,2 cm
Ancho	99,2 cm
Alto	4,5 cm
Peso	20 Kg
Tipo de célula	Policristalino
Número de células	60
Potencia máxima	250 W
Voltaje de operación	24 V
Corriente máxima	8,20 A
Corriente en corto circuito	8,87 A
Número de paneles	3

Fuente: Elaboración de los autores.

2.4.2.2 Storage de energía.

El módulo de storage de energía constará de un regulador de carga, un arreglo de baterías, y un inversor.

La corriente máxima a través del regulador se obtiene mediante la ecuación (6), logrando un valor de 31,93 A. La Tabla 2.16 resume las características técnicas del regulador seleccionado.

$$I_{\text{reg}} = I_{\text{sc}} \times N_p \times f_s \quad (6)$$

En dónde,

I_{sc} , es la corriente en corto circuito del panel fotovoltaico, A.

N_p , es el número de paneles.

f_s , es el factor de sobredimensionamiento.

Tabla 2.16 Especificaciones técnicas del regulador de carga [56].

Fabricante	Phocos
Modelo	CX40/40
Largo	92 mm
Ancho	93 mm
Alto	38 mm
Peso	168 g
Voltaje de operación	24 V
Corriente máxima de los módulos fotovoltaicos	40 A

Fuente: Elaboración de los autores.

La capacidad nominal de la batería (C_{nb}), se calcula con la expresión (7), obteniendo un valor de 163,94 Ah.

$$C_{nb} = I_{cd_a} \times \text{días de reserva} \quad (7)$$

En dónde,

I_{cd_a} , es la carga de corriente corregida, Ah.

Los días de reserva por lo general no sobrepasan 3 o 4 días. En este proyecto, el equipo de trabajo decidió considerar 2 días de autonomía.

La capacidad corregida del banco de baterías C_{nbc} , con una profundidad de descarga no mayor a 0,8, se resuelve a través de la ecuación (8), logrando un resultado de 204,93 Ah.

$$C_{nbc} = \frac{C_{nb}}{\text{profundidad de descarga}} \quad (8)$$

En dónde,

C_{nb} , es la capacidad nominal de la batería, Ah.

Por último, la capacidad corregida del banco de baterías en paralelo (A_{bp}), se calculó en 4, empleando la ecuación (8). La Tabla 2.17 muestra las características técnicas del arreglo de baterías propuesto.

$$A_{bp} = \frac{C_{nbc}}{C_{nb}} \times f_v \quad (8)$$

En dónde,

C_{nbc} , es la capacidad corregida del banco de baterías, Ah.

C_{nb} , es la capacidad nominal de batería, Ah.

f_v , es el cociente entre el voltaje del sistema y las baterías.

Tabla 2.17 Especificaciones técnicas del banco de baterías [57].

Fabricante	Ritar Powerstar
Modelo	DC12-150
Largo	48,3 cm
Ancho	17 cm
Alto	24 cm
Peso	44,5 Kg
Voltaje de operación	12 V
Capacidad	150 Ah
Máximo corriente permitida	45 A
Número de baterías	4

Fuente: Elaboración de los autores.

Para calcular la capacidad requerida en el inversor, se determinó la carga pico del sistema en CA multiplicada por el factor de sobredimensionamiento, obteniendo un

valor de 376,80 W (véase Tabla 5.3). La Tabla 2.18 detalla las especificaciones técnicas del inversor a utilizar.

Tabla 2.18 Especificaciones técnicas del inversor [58].

Fabricante	Phocos
Modelo	SI700- 24110
Voltaje de entrada	24 V CD
Voltaje de salida	110 V CA $\pm$ 5%
Potencia Nominal	700 W
Eficiencia	91 %
Frecuencia de salida	60 Hz $\pm$ 0,1%
Forma de salida de onda	Sinusoidal

Fuente: Elaboración de los autores.

2.4.2.3 Módulo de transferencia.

El módulo de transferencia operará de forma automática, y apoyará la provisión constante e interrumpida de energía al bloque de iluminación.

En el marco de este proyecto, se utilizó el módulo diseñado con anterioridad en la SEE del DCCE. Desde la perspectiva del control automático, el módulo responde a la variable “nivel de energía disponible en las baterías”, que caracteriza al módulo de storage del sistema [59].

En una primera etapa, se monitorea el nivel de voltaje en los bornes de las baterías del módulo de storage. Un descenso en el nivel más allá de lo permitido, emite una señal que activa la segunda etapa. En la segunda etapa, un temporizador crea un delay en la activación de un relé, que re-direcciona la alimentación del tablero de protección y del módulo de iluminación, hacia el módulo de la red pública eléctrica.

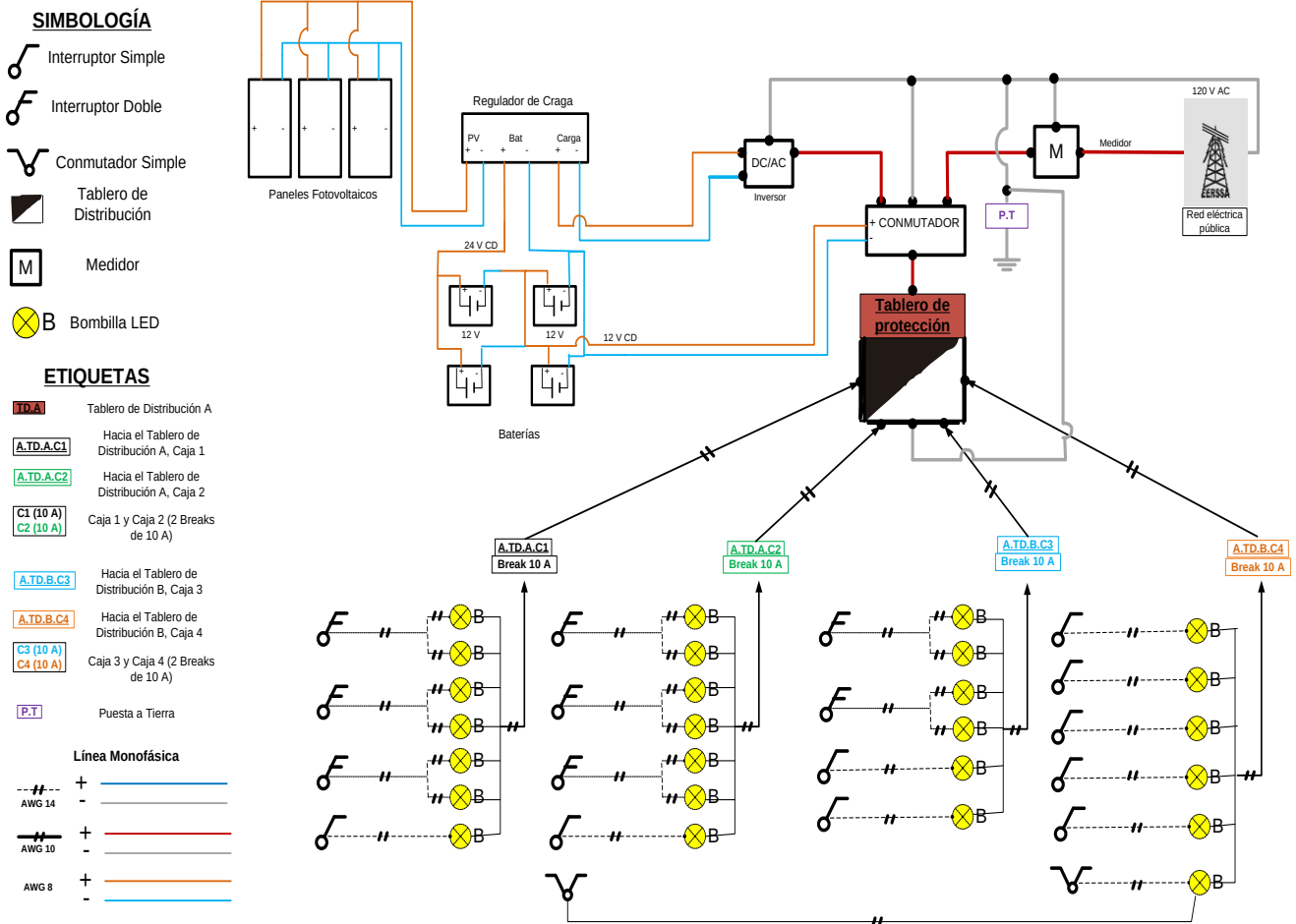


Figura 2.21 Sistema de iluminación fotovoltaica para la vivienda urbana tipo.

Fuente: Elaboración de los autores.

2.4.2.4 Distribución eléctrica.

Para identificar los conductores a utilizar en las instalación del sistema, se adaptó el código de colores previsto en la norma NOM-001-SEDE-2005 [60]: cables sólidos AWG 8 (color naranja para el positivo y celeste para el negativo), cable de solido AWG 10 (color rojo para fase y gris para neutro), cables sólidos AWG 14 (color gris para el neutro y azul para la fase).

De acuerdo a la norma ecuatoriana NEC-11 de energías renovables [61], el sistema de conexión será monofásico (1 fase, 1 neutro), con un tablero de distribución en la planta baja. La función del tablero de distribución es centralizar la activación y protección de los circuitos del sistema [62]. El tablero de distribución tendrá 4 breakers de 10 A cada uno (ver Fig.2.21). Las Fig. 2.22 y 2.23 muestran los diagramas eléctricos de las plantas baja y alta de la vivienda.

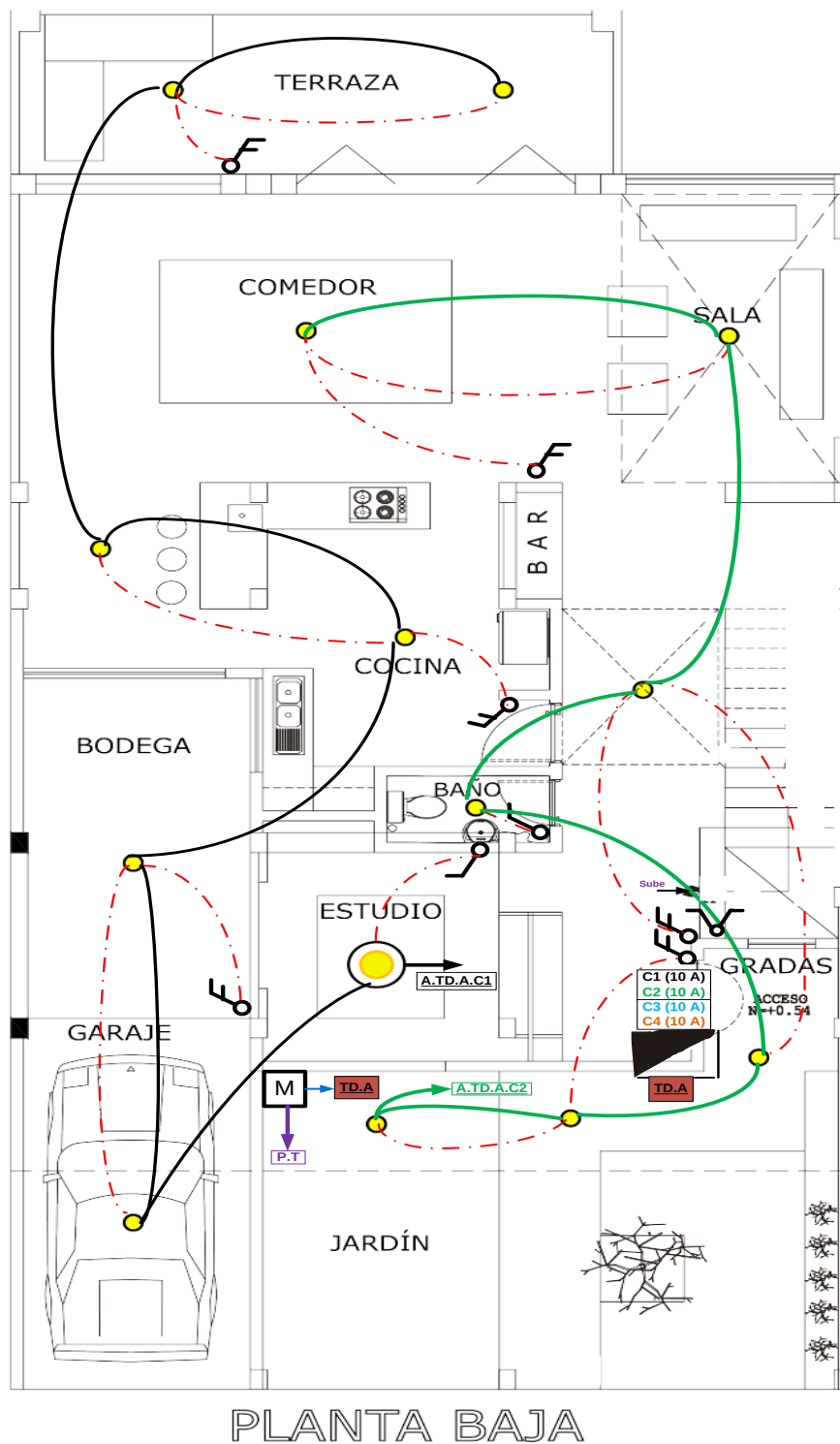


Figura 2.22 Diagrama eléctrico de iluminación en la planta baja de la vivienda.

Fuente: Elaboración de los autores.

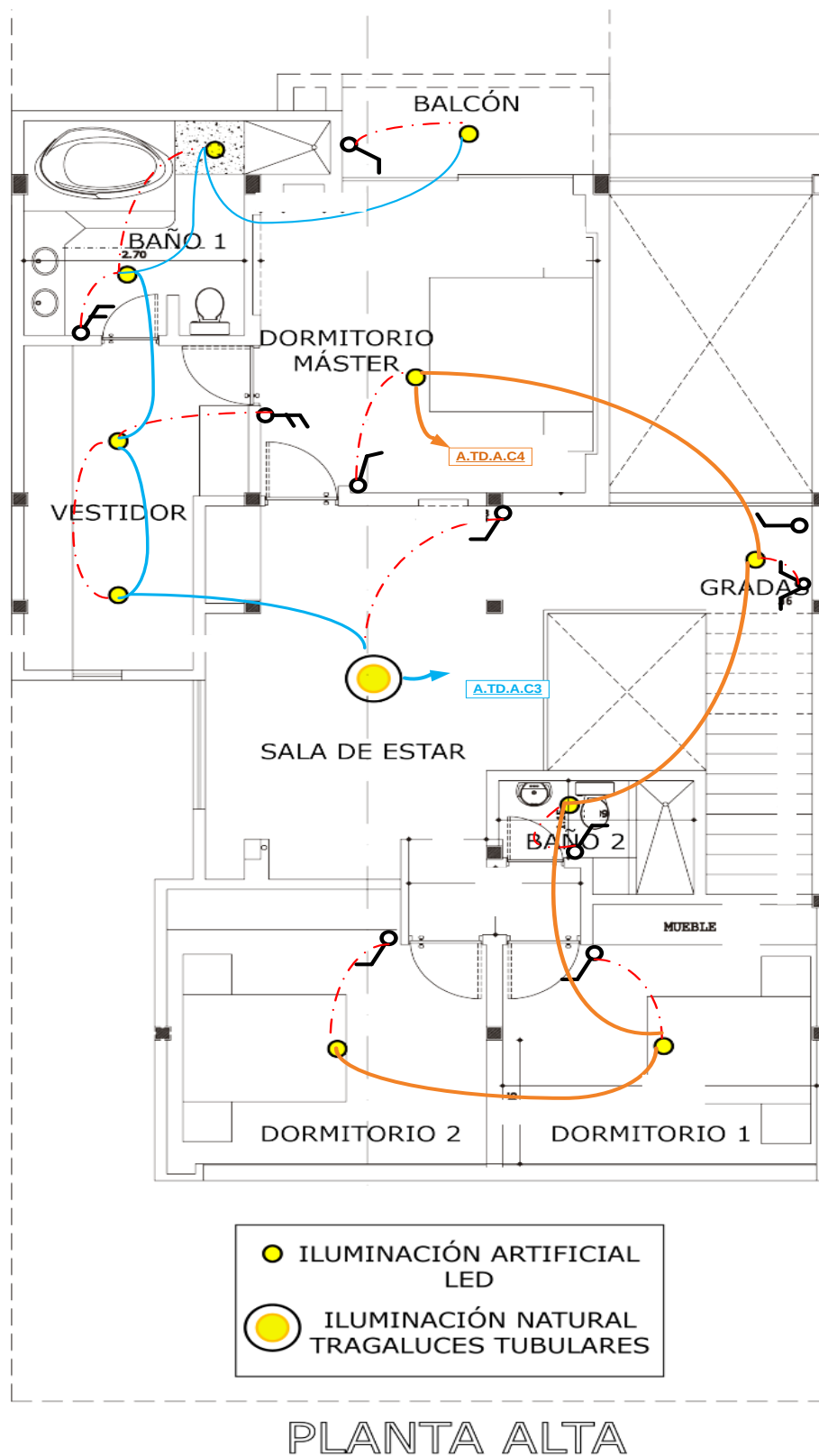


Figura 2.23 Diagrama eléctrico de iluminación en la planta alta de la vivienda.

Fuente: Elaboración de los autores.

2.4.3 Dimensionamiento de la iluminación diurna.

Para la iluminación diurna se decidió utilizar 2 tragaluces solares tubulares, para iluminar el estudio ubicado en la planta baja, y, la sala de estar en la planta alta. Se utilizará tragaluces modelo solartube DS160 residencial, de 25 cm de diámetro, para cuya instalación se requiere abrir orificios en la losa o cubierta, de 30 cm de diámetro.

En el aplicativo Dialux se simuló el patrón luminoso del tragaluz y de una lámpara LED. Las Fig.2.24 y Fig.2.25 muestran los patrones de iluminación obtenidos para el estudio, resaltando la mejor performance para el tragaluz solar.



Figura 2.24 Simulación del patrón luminoso de una luminaria LED en el estudio de la vivienda.

Fuente: Elaboración de los autores.

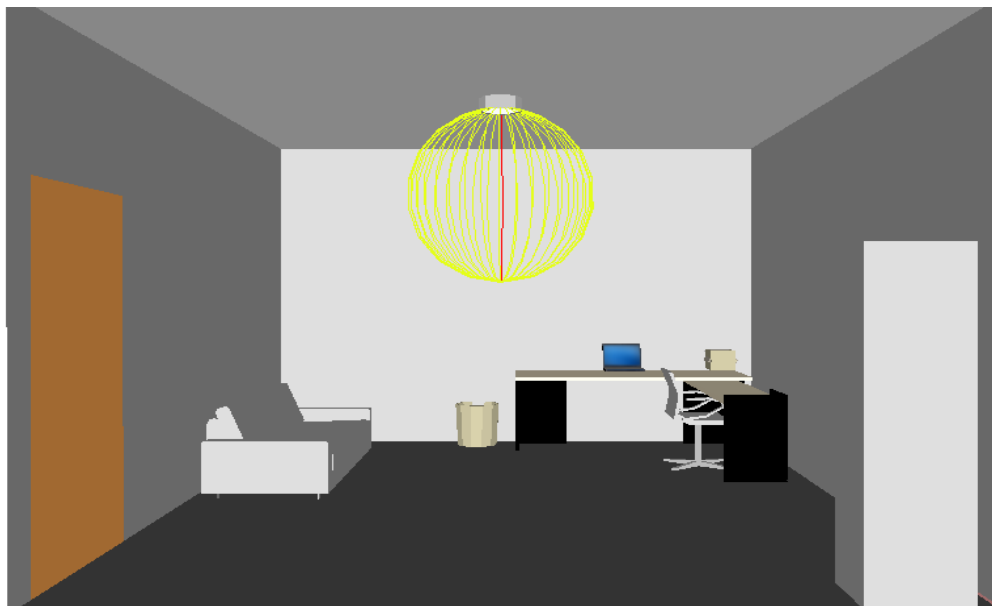


Figura 2.25 Simulación del patrón luminoso de un tragaluz solar tubular en el estudio de la vivienda.

Fuente: Elaboración de los autores.

2.4.4 Presupuesto de inversión en el sistema de iluminación híbrida.

La Tabla 2.19 resume la inversión requerida para la implementación del sistema de iluminación híbrida para la vivienda urbana tipo.

Tabla 2.19 Presupuesto de inversión en el sistema de iluminación híbrida para la vivienda urbana tipo.

Insumo	Unid.	Cant.	VU, USD	Total, USD
Panel solar GMA 250P	u	3	591,36	1774,08
Batería Ritar Power DC12-150	u	4	430,52	1722,08
Regulador Phocos CX 40/40 ^a	u	1	193,50	193,50
Inversor Phocos SI700-24110	u	1	652,20	652,20
Equipo de transferencia de energía	u	1	20,00	20,00
Breaker 10 A DC	u	4	13,00	52,00
Caja de breakers para 4	u	1	12,50	12,50
Boquillas	u	24	1,30	31,20
Interruptores simples	u	9	2,50	22,50
Interruptores dobles	u	8	4,50	36,00

Conmutador Simple	u	2	2,00	4,00
Varilla de cobre para puesta a tierra de 1,80 m	u	1	9,50	9,50
Cable AWG # 8	m	60	0,95	57,00
Cable AWG # 10	m	30	0,75	22,50
Cable AWG # 14	m	400	0,35	140,00
Tubo 3/4" instalación eléctrica	m	130	0,30	39,00
Pinzas, miscelanos, grapas, borneras, fusibles, cinta aislante, terminales y todo aquello que los equipos ofertados requieran según especificaciones técnicas del mismo	u	1	200,00	200,00
Luminarias LED interior (SP80B)	u	21	40,00	840,00
Luminarias LED exterior (SP90)	u	3	230,00	690,00
Solatube DS 160 + 110V LED	m	4,50	1342,00	2040,00
Solatube DS 160 + 110V LED	m	1,50	698,00	
Mano de obra				1210,00
TOTAL, USD				9768,06

Fuente: Elaboración de los autores.

2.4.3 Diseño del bloque de aprovechamiento de energía termosolar.

2.4.3.1 Sobre el aprovechamiento de energía termosolar en la vivienda.

En función de la disponibilidad de energía termosolar en la ciudad de Loja, el equipo de trabajo decidió profundizar en la investigación sobre tecnologías para mantener la temperatura y proporcionar agua caliente sanitaria.

2.4.3.2 Sobre la regulación de la temperatura en la vivienda.

La ciudad de Loja registra niveles de insolación de $4350 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$, y su temperatura diaria oscila entre los 16 y los 21° C , con una temperatura promedio de 17° C [63]. Ante estas condiciones se decidió proponer la instalación de láminas de protección solar en los ventanales de la vivienda, a fin de garantizar la regulación de temperatura en el interior, y optimizar el uso de energía en calefacción.

En función de la disponibilidad en el mercado, se decidió utilizar láminas solares tipo Energy Saver 35 de la empresa Hüper Optik, que regulan el ingreso de los rayos UV (ultravioletas) e IR (infrarrojos) del espectro solar, facilitando el ingreso del segmento de luz visible.

Las Fig.2.26 y 2.27 muestran la ubicación de las láminas protectoras, las mismas que se instalarán siguiendo las recomendaciones del fabricante descritas en [64].

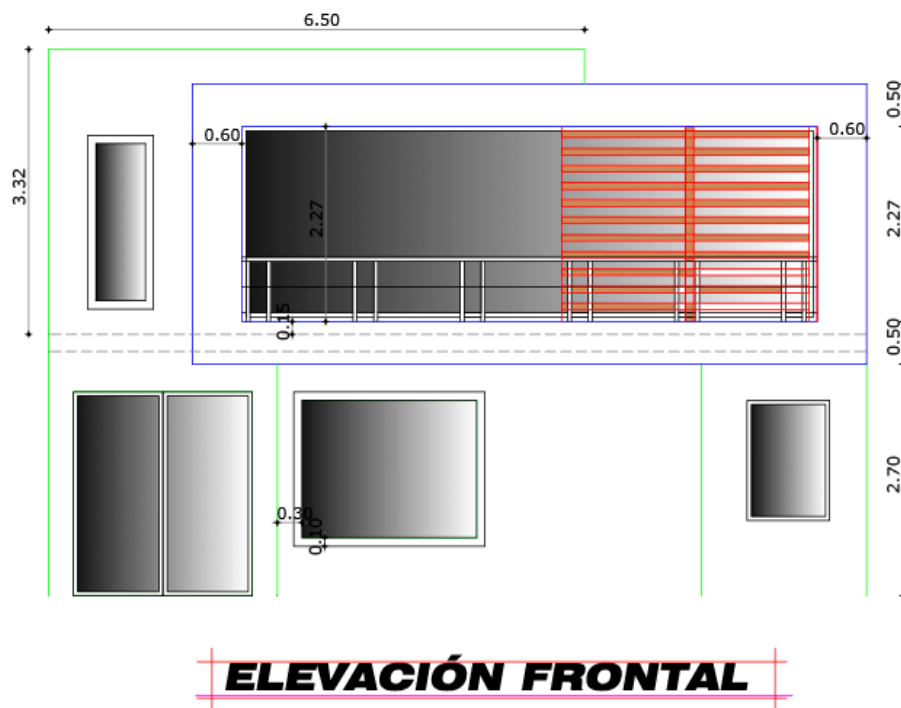


Figura 2.26 Vista frontal de la vivienda urbana tipo, con láminas solares de protección.

Fuente: Elaboración de los autores.

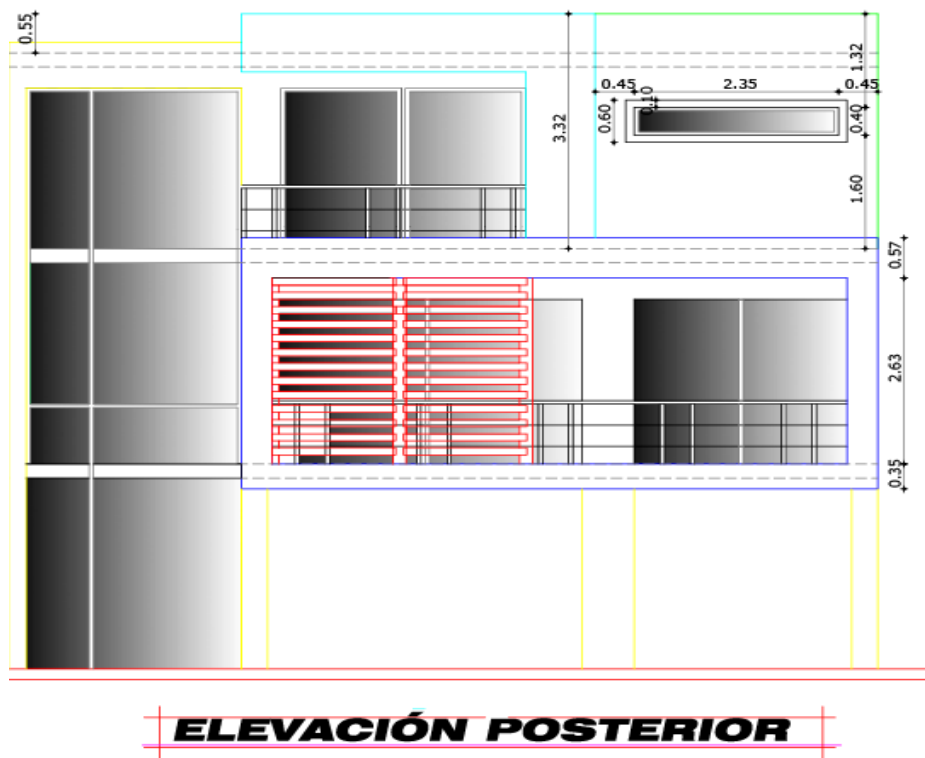


Figura 2.27 Vista posterior de la vivienda urbana tipo, con láminas solares de protección.

Fuente: Elaboración de los autores.

La Tabla 2.20 muestra el presupuesto aproximado de inversión en láminas solares protectoras.

Tabla 2.20 Presupuesto de inversión en láminas solares protectoras para la vivienda urbana tipo.

Posición	Dimensiones de las ventanas (cm)		Número de ventanas	Área (m ²)	Costo por lámina (USD/m ²)	Total (USD)
	Ancho	Alto				
Fachada Frontal	0,60	1,80	1	1,08	55,00	59,40
	3,80	2,27	1	8,63		474,43
	1,50	2,27	2	6,81		374,55
	1,00	2,27	2	4,54		249,70
	2,10	1,60	1	3,36		184,80
	0,90	1,30	1	1,17		64,35
Fachada Posterior	2,35	0,40	1	0,94		51,70
	1,35	2,10	2	5,67		311,85
	1,85	1,94	1	3,59		197,40
	1,22	2,33	2	5,69		312,69
	2,00	2,33	1	4,66		256,30
	1,40	2,33	1	3,26		179,41
	2,38	2,22	1	5,28		290,60
	2,38	2,85	1	6,78		373,07
	2,38	2,70	1	6,43		353,43
TOTAL m ²				67,88		3.007,17
(Instalación) mano de obra						-
Descuento (10%)						300,72
IVA (12%)						324,77
TOTAL						3.031,23

Fuente: Elaboración de los autores.

2.4.3.3 Sobre la provisión de agua caliente sanitaria.

Los sistemas solar térmicos para la provisión de agua caliente sanitaria (ACS), reducen la demanda de otras formas de energía, poseen alta fiabilidad, son de fácil montaje y de mínimo mantenimiento. En el mercado actual se oferta diversa tecnología para la provisión de ACS, que en general, garantizan el suministro 24h al día, con una vida útil estimada de 20 años [65].

a) Requerimientos de diseño.

La Tabla 5.10 resume los parámetros básicos considerados en el diseño de un sistema de provisión de ACS, así como valores de diseño asignados a cada parámetro.

Tabla 2.21 Parámetros básicos considerados en el diseño de un sistema de ACS.

Número de personas	4
Volumen diario de ACS	20 lt / persona
Temperatura de operación	60°C
Tipo de colector solar	Tubos de vacío (Heatpipe)
Tipo de sistema	No presurizado (gravedad)
Lugar de suministro	Baño principal (Ducha)
Respaldo eléctrico	No
Ubicación del sistema	Terraza

Fuente: Elaboración de los autores.

El volumen diario de ACS requerido se estimó de acuerdo a la bibliografía [61], [66], exclusivamente para duchado. El tipo de colector solar se seleccionó considerando que esa tecnología garantiza que la temperatura de operación dentro del tanque de almacenamiento, es de alrededor de 60°C, lo que no permite el crecimiento de bacterias peligrosas para la salud humana como la legionella [67]. La circulación del ACS se realizará por gravedad, economizando energía en una bomba.

b) Selección del colector solar con tecnología heatpipe.

La Tabla 2.22 muestra las características técnicas de los colectores solares con tecnología heatpipe existentes en el mercado local.

Tabla 2.22 Análisis comparativo de los colectores solares con tecnología heatpipe existente en el mercado local.

Modelo	Konig Sonne	Grun Tech	Chisol
Volumen de almacenamiento, l	180	200	200
No de tubos	20	20	28
Temperatura de operación, °C	60 a 90	60 a 90	60 a 90
Presión, bar	6	6	6
Superficie útil del colector, m2	2,09	2,09	2,2
Peso, Kg	96	95	105
Peso depósito lleno, Kg	260	258	270
Grados de inclinación, °	12	12	12
Coeficiente de eficiencia	0,8	0,8	0,8
Precio, USD	1600	1600	1750

Fuente: Elaboración de los autores.

Considerando las prestaciones, disponibilidad, y, precio, el equipo de trabajo decidió seleccionar el sistema Grün Tech, distribuido en el mercado local por la empresa Green Solutions Ecuador (ver Fig.2.28)



Figura 2.28 Vista panorámica del colector solar Grün Tech heatpipe de 200 lt.

Fuente: Elaboración de los autores.

Para determinar el rendimiento del colector solar seleccionado, en las condiciones de la ciudad de Loja, se aplicó la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC 11, capítulo 14 referido a energías renovables [61]; que sugiere la utilización del método F-Chart para calcular la cobertura solar del sistema, en relación a la energía necesaria para cubrir las cargas térmicas. La metodología F-Chart se describe en [68].

La Tabla 2.23 muestra la energía térmica requerida para proveer de ACS a la vivienda, en cada mes del año. La demanda de ACS se estableció considerando el requerimiento diario y el número de días del mes. La temperatura promedio es el resultado de la diferencia entre los 60°C del agua en el termotanque y la temperatura promedio ambiente. La energía requerida se calcula entonces de acuerdo a lo explicado en [68].

Tabla 2.23 Energía térmica requerida para proveer de ACS a la vivienda, por mes.

Mes	Demanda de ACS [m3]	Temperatur a prom. [°C]	Ener. Req. [Kcal·1000]
Enero	2,5	50,0	124
Febrero	2,2	48,8	109
Marzo	2,5	47,6	118
Abril	2,4	46,4	111
Mayo	2,5	45,2	112
Junio	2,4	44,0	106
Julio	2,5	42,8	106
Agosto	2,5	44,0	109
Septiembre	2,4	45,2	108
Octubre	2,5	46,4	115
Noviembre	2,4	47,6	114
Diciembre	2,5	48,8	121

Fuente: Elaboración de los autores.

La Tabla 2.24 muestra la energía térmica aportada por el colector seleccionado. La energía aportada se calculó considerando los diversos parámetros técnicos exigidos en [68]. Los resultados muestran que el colector es capaz de aportar como mínimo con el 87% del requerimiento, y, como máximo con el 97%. En términos prácticos se considera entonces que el colector satisface los requerimientos (ver Fig.2.29).

Tabla 2.24 Aporte energético del colector seleccionado a la provisión de ACS a la vivienda.

Mes	Ener. Req. [Kcal·1000]	Ener. Aport. [Kcal·1000]	Aporte [%]
Enero	124,0	105,7	85
Febrero	109,3	100,2	92
Marzo	118,0	105,7	90
Abril	111,4	97,1	87
Mayo	112,1	99,6	89
Junio	105,6	92,8	88
Julio	106,1	93,6	88
Agosto	109,1	101,5	93
Septiembre	108,5	103,6	96
Octubre	115,1	111,2	97
Noviembre	114,2	114,2	100
Diciembre	121,0	121,0	100
Anual	1, 4	1,3	92

Fuente: Elaboración de los autores.

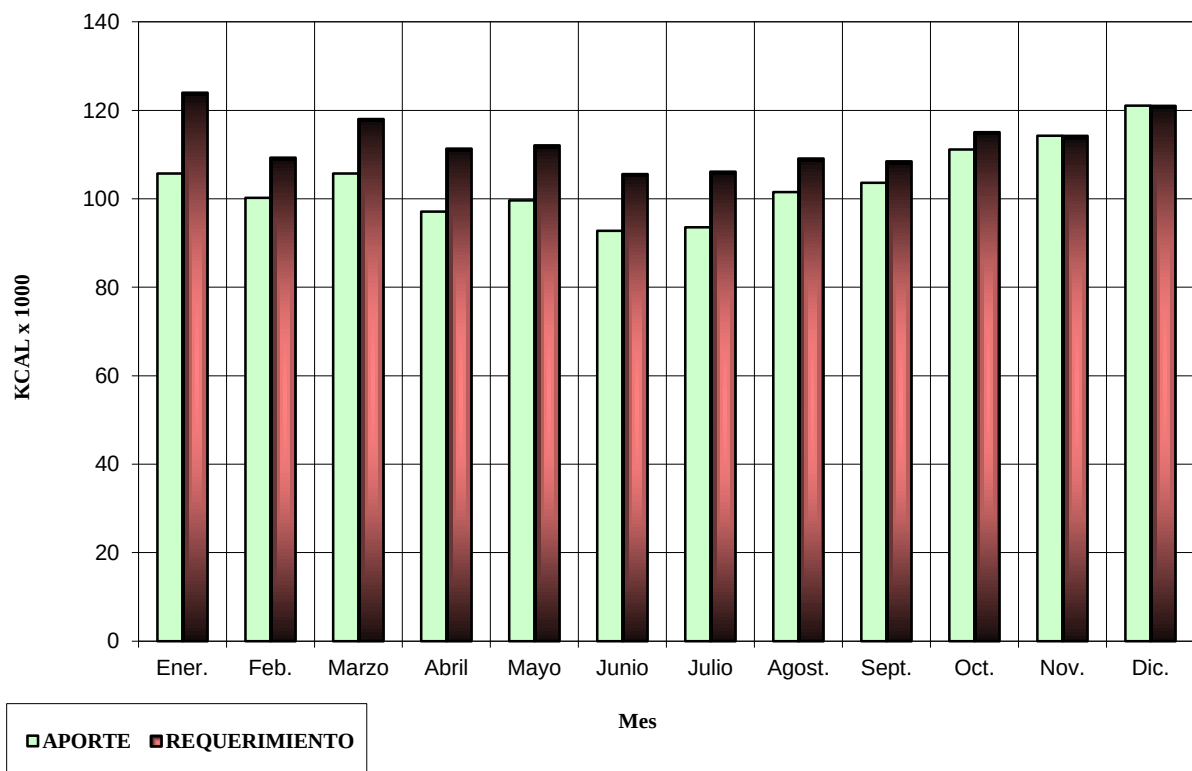


Figura 2.29 Requerimiento mensual de energía térmica para la provisión de ACS, y, aporte de energía térmica desde el colector.

Fuente: Elaboración de los autores.

c) Presupuesto de inversión.

La Tabla 2.25 describe la inversión requerida para implementar un sistema termosolar para provisión de ACS a la vivienda.

Tabla 2.25 Presupuesto de inversión para la implementación de un sistema termosolar para la provisión de ACS a la vivienda.

Item.	Cant.	VU, USD	Total, USD
Colector Solar Gruntech 200 l	1	1600,00	1600,00
Codos PP de ½"	6	1,10	6,60
Tubería PP de ½" x 6m	6	11,21	67,26
Tubería PP de ¾" x 6m	1	14,63	14,63
Unión universal	1	2,29	2,29
Válvula de seguridad 20 PSI"	1	9,68	9,68
Válvula de retención	1	2,40	2,40
T plástica ½"	1	1,06	1,06
Acoples 3/4 a media pulgada	1	2,06	2,06
Filtro de sedimentos	1	22,30	22,30
Varios (cintas, sellante, abrazaderas, etc)	1	200,00	200,00
Mano de Obra	1	350,00	350,00
Total, USD			2278,28

Fuente: Elaboración de los autores.

2.5 Presupuesto total.

La Tabla 2.26 describe la inversión requerida para implementar el diseño de un sistema integral para el aprovechamiento de energía solar en una vivienda urbana tipo.

Tabla 2.26 Presupuesto total de un sistema integral de energía solar.

Rubros	Total, USD
Diseño del sistema fotovoltaico	7216,98
Diseño del sistema de iluminación híbrida	9768,06
Láminas de protección solar	3.031,23
ACS de la vivienda	2278,28
Subtotal	22294,55
Imprevistos (5%)	1114,73
Total, USD	23409,28

Fuente: Elaboración de los autores.

CONCLUSIONES

- El aprovechamiento de la energía solar, y, de otras fuentes de energía renovable, es parte fundamental del desarrollo sustentable que busca el equilibrio entre aspectos económicos, ambientales y sociales.
- Las viviendas sustentables pretenden ser eficaces en el uso de materiales de construcción, el consumo de energía, y, el espacio construido, manteniendo el confort y la habitabilidad.
- Un colector solar es capaz de captar la energía solar para calentar un fluido a determinada temperatura. Los colectores solares pueden ser de concentración o sin concentración, y, se utilizan para producir energía eléctrica o ACS.
- El concepto de integración de tecnología solar en las edificaciones, nace de la necesidad de disponer de tecnología solar no solo endosada a un techo o terraza, con los consecuentes problemas de afección al diseño arquitectónico y a la estética, sino también como parte integrante de la visión global de la edificación.
- Los resultados obtenidos en la etapa de prediseño de un sistema de iluminación híbrida para una vivienda urbana sustentable, muestran que es posible diseñar, instalar, y, operar un sistema híbrido que conjugue las bondades de la iluminación natural y de la tecnología LED.
- El prediseño del sistema fotovoltaico se realizó considerando el nivel mínimo de irradiación solar en la ciudad de Loja. Y, considerando la naturaleza de la carga a alimentar, el prediseño prescinde de un inversor.
- Los resultados obtenidos muestran la factibilidad técnica de proveer a una vivienda urbana tipo de un sistema integral de aprovechamiento de energía solar.
- Este sistema integral de aprovechamiento de energía solar permitirá potenciar un bloque de iluminación híbrida (fotovoltaica, red pública, solar diurna), y un bloque de aprovechamiento de energía termosolar (regulación de temperatura y provisión de agua caliente sanitaria).

TRABAJOS FUTUROS

- Se espera implementación de los diseños efectuados, en dependencia de la disponibilidad de recursos financieros.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Energías Renovables no Convencionales (ERNC): Ministerio de Energía [Online] <Disponible en> http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/14_portal_informacion/la_energia/ernc.html [Consulta 09/10/14].
- [2] Evaluación de las energías renovables no convencionales factibles de desarrollarse en el Ecuador. [Online] <Disponible en> <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1123/1/CD-2606.pdf> [Consulta 09/10/14].
- [3] Energía Solar [Online] <Disponible en> http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm [Consulta 09/10/14].
- [4] Viviendas urbanas y ahorro energético [Online] <Disponible en> <http://vivienda.inecc.gob.mx/> [Consulta 11/10/14].
- [5] Ubicación Ventanas Fotovoltaicas [Online] <Disponible en> http://www.ehowenespanol.com/colectores-solares-ventanas-lista_318813/ [Consulta 09/10/14].
- [6] Proveedores América ONYX SOLAR [Online] <Disponible en> <http://www.onyxsolar.com/es/vidrio-fotovoltaico-transparente.html> [Consulta 09/10/14].
- [7] Suelo fotovoltaico [Online] <Disponible en> <http://www.onyxsolar.com/es/suelo-fotovoltaico-transitable.html> [Consulta 09/10/14].
- [8] CEAMER: Centro de estudio en medio ambiente y energías renovables [Online] <Disponible en> http://cemaer.org/curso-gratis/03.html?utm_source=getresponse&utm_medium=email&utm_campaign=gstriatum_paneles&utm_content=%5B%5Bfirstname%5D%5D+-+Imagen+-+Que+le+Puedo+Conectar+a+un+Panel+Solar#.VD_4H5R5NPY [Consulta 15/10/14].
- [9] El clima de Loja: Rasgos Generales. [Online] <Disponible en> <http://casadelaculturaloja.gob.ec/?p=250> [Consulta 15/10/14].
- [10] Reflexión Solar: SOLATUBE [Online] <Disponible en> <http://www.yourguardianroof.com/tacoma-solatube/> [Consulta 09/10/14].
- [11] Productos Solatube [Online] <Disponible en> <http://www.solatube.com/residential/daylighting> [Consulta 09/10/14].

- [12] Energía Solar, Tipo de Colectores Solares [en línea], Mexico 2014. Disponible: http://www.gstriatum.com/energiasolar/articulosenergia/11_Colectores_solares.html [Consulta 14/11/14].
- [13] Kris de Deker, Low-Tech Magazine, El brillante futuro las fábricas alimentadas con energía termosolar [en línea], España 2012. Disponible: <http://www.es.lowtechmagazine.com/2012/03/el-brillante-futuro-de-las-fabricas-alimentadas-con-energia-termosolar.html> [Consulta 20/11/14].
- [14] Colaboradores de Wikipedia, Concentrador solar [en línea]. Wikipedia 2014, Disponible: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Concentrador_solar&oldid=77526005 [Consulta 20/11/14].
- [15] Soltigua, Concentrating Solutions, Working principle [en línea], Italia 2014. Disponible: <http://www.soltigua.com/prodotti/ptm/principio-funzionamento>. [Consulta 20/11/14].
- [16] Kris de Deker, Low-Tech Magazine, El brillante futuro las fábricas alimentadas con energía termosolar [en línea], España 2012. Disponible: <http://www.es.lowtechmagazine.com/2012/03/el-brillante-futuro-de-las-fabricas-alimentadas-con-energia-termosolar.html> [Consulta 20/11/14].
- [17] Torresol Energy, Gemasolar thermosolar plant [en línea], España 2010, Disponible: <http://www.torresolenergy.com/TORRESOL/gemasolar.html?swlang=en> [Consulta 20/11/14].
- [18] Capítulo 3, Centrales Solares y la Producción de Energía Eléctrica [en línea]. México 2014, Disponible: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/277/A6.pdf?sequence=6> [Consulta 20/11/14].
- [19] SolarTron, SolarBean, Photo gallery [en línea], Canada 2011, Disponible: <http://www.solartronenergy.com.au/solarbeam/gallery/solarbeam-solar-thermal-concentrator-photos/> [Consulta 20/11/14].
- [20] Andre Broessel, Rawlemon, Beta.ray 1.00 [en línea], España 2014. Disponible: <http://www.rawlemon.com/collections/beta-ray/products/beta-ray-1-00> [Consulta 27/11/14].
- [21] Katie Fehrenbacher, Gigaom, Energy Innovations: Solar Concentrator Certified, Raising Money [en línea], Estados Unidos 2008. Disponible: <https://gigaom.com/2008/08/04/energy-innovations-solar-concentrator-certified-raising-money/> [Consulta 27/11/14].

- [22] Gonzalo M y Francisco C, El Medio Ambiente, El panel solar [en línea], México 2010. Disponible:<http://stylemedioambiente.blogspot.com/2010/07/el-panel-solar.html> [Consulta 27/11/14].
- [23] Solar Decathlon, Solar Decathlon Europa 2014 [en línea], Francia 2014. Disponible: <http://www.solardecathlon2014.fr/en/> [Consulta 27/11/14].
- [24], [25], [26], [27], [28], [29] Isofoton, Documentación técnica, Productos, España 2011. No disponible. [Consulta 27/11/14].
- [30] Home Rail, Aluminum Railing System [en línea], Canada 2014. Disponible: <http://www.homerailtd.com/aluminum-railing-colours-styles.php> [Consulta 27/11/14].
- [31], [32], [33] Isofoton, Documentación técnica, Productos, España 2011. No disponible. [Consulta 27/11/14].
- [34] Rehabilita tu vivienda, Ahorrar energía en tu vivienda, Como ahorrar energía utilizando adecuadamente las protecciones solares móviles [en línea], España 2014. Disponible: [http://www.five.es/calidadentuvivienda/ahorrar-energia-en-tu-vivienda?id=93# - horas-de-mayor-radiación-solar-en-función-de-la-orientación](http://www.five.es/calidadentuvivienda/ahorrar-energia-en-tu-vivienda?id=93#-horas-de-mayor-radiación-solar-en-función-de-la-orientación) [Consulta 27/11/14].
- [35] Archiexpo, SolarWorld, Roof integration PV solar kit [en línea], Alemania 2014. Disponible: <http://www.archiexpo.com/prod/solarworld/roof-integration-pv-solar-kits-68366-752816.html> [Consulta 27/11/14].
- [36] Fuentes de Luz [Online] <Disponible en> http://www.ehowenespanol.com/diferencia-luz-natural-artificial-info_88734/ [Consulta 27/11/14].
- [37]Luz natural y artificial [Online] <Disponible en> <http://www.claraboyasecoluz.com.ar/wzinfo/que-es-la-luz-luz-natural-y-luz-artificial/> [Consulta 27/11/14].
- [38]Claraboyas [Online] <Disponible en> <http://www.claraboyasamedida.com/Claraboyas.html> [Consulta 27/11/14]
- [39]Heliostatos [Online] <Disponible en> http://centrodeartigo.com/articulos-utiles/article_104303.html [Consulta 27/11/14].
- [40]Tragaluces tubulares solares [Online] <Disponible en> <http://www.arkiplus.com/tragaluz-tubular-o-tubo-solar> [Consulta 27/11/14].

- [41] Sistemas de iluminación [Online] <Disponible en> <http://www.estiloambientacion.com.ar/iluminaciontipos.htm> [Consulta 26/11/14].
- [42] Tipos iluminación [Online] <Disponible en> <http://www.unge.gq/ftp/biblioteca%20digital/Iluminacion/Conceptos%20basicos%20de%20iluminacion%20y%20ahorro%20de%20energia.pdf> [Consulta 24/11/14].
- [43] Altura ciudad de Loja [Online] <Disponible en> <http://cantonesdeloja.blogspot.com/> [Consulta 28/11/14].
- [44] Temperatura y clima ciudad de Loja [Online] <Disponible en> <http://www.ecuadorexplorer.com/es/html/la-ciudad-de-loja.html> [Consulta 28/11/14].
- [45] Luminarias LED, modelos, precios [Online] <Disponible en> http://www.proviento.com.ec/catalogo_web.pdf [Consulta 28/11/14].
- [46] Cotización Solatube DS160 [Online], Cristian Larrea (Ecuador Quito) mail clarrea@enersol.co [Consulta 1/11/14]
- [47] CONELEC. Consejo Nacional de Electricidad. “Atlas Solar del Ecuador”. [en línea]. URL: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1792> [Consulta 09/10/14].
- [48] Sanyo MP6-230E01. “Photovoltaic module” [en línea]. Consultado 2014-11-28 URL: http://www.axun-solar.com/upload/PANASONIC_%28Ex_SANYO%29_POLY_MP6_230E01_en.pdf [Consulta 09/10/14].
- [49] Energía solar fotovoltaica. “El regulador de carga” [en línea]. Consultado 2014-11-02. URL: <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga.html> [Consulta 09/12/14].
- [50] Phocos. “P60” [en línea]. Consultado 2014-11-28. URL: http://www.phocos.com/datasheet_sm_pl.html [Consulta 11/10/14].
- [51] Ritarpower. “Ritar Power DC12-15”. [en línea]. URL: <http://www.ritarpower.com/upload/pdf/2013041117125205744568.pdf> [Consulta 11/10/14].
- [52] Cálculos de sistemas fotovoltaicos autónomos. “Los elementos fundamentales de un sistema fotovoltaico aislado” [en línea] Consultado 2014-11-02. URL: <http://www.sfe-solar.com/calculo-sistemas-fotovoltaicos-aislados-autonomos/> [Consulta 15/10/14].

- [53] CONELEC. Consejo Nacional de Electricidad. “Niveles de irradiación solar en el Ecuador”. [en línea]. URL: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1792> [Consulta 09/10/14].
- [54] Luminarias LED, modelos, precios [en línea] <Disponible en> http://www.proviento.com.ec/catalogo_web.pdf [Consulta 28/11/14].
- [55] Gmasolar. “Gma250P”, [en línea] URL: <http://www.gmasolar.ca/beta/wp-> [Consulta 28/02/15].
- [56] Phocos. “Phocos CX40/40”. [en línea] URL: http://www.phocos.com/es-ES/datasheet_sm_pl.html [Consulta 28/02/15].
- [57] Ritar Powerstar. “Ritar DC12-150”. [en línea] URL: <http://www.acdc.com.tr/en/pdf/ra12-150-12v-150ah-ritar-aku.pdf> [Consulta 28/02/15].
- [58] Phocos. “SI700- 24110” [en línea] URL: [http://www.phocos.com/sites/default/files/document/phocos_datasheet_CX_e_web_0\(1\).pdf](http://www.phocos.com/sites/default/files/document/phocos_datasheet_CX_e_web_0(1).pdf) [Consulta 28/02/15].
- [59] Implementación del sistema híbrido de provisión de energía para una isla experimental ubicada en el Campus San Cayetano de la UTPL [en línea] URL: <http://es.scribd.com/doc/154206606/implementacion-de-un-sistema-hibrido-de-provision-de-energia-para-una-isla-experimental-ubicada-en-el-Campus-San-Cayetano-de-la-UTPL> [Consulta 24/02/15].
- [60] Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización), Secretaría de Energía, México.[consulta 28/02/ 2015].
- [61] Norma Ecuatoriana NEC-11 de energías renovables. Disponible en <<http://www.cimeg.org.ec/normasne/NEC2011-CAP.14> ENERGIAS%20RENOVABLES-021412.pdf> [consulta 28/02/ 2015].
- [62] “Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión”. [en línea] URL: Disponible en: <<http://www.uv.mx/personal/jdominguez/files/2012/10/Manual-de-Instalaciones-Elctricas-en-BT-2009.pdf>> [consulta 28/02/ 2015].
- [63] Temperatura y clima ciudad de Loja [en línea] <Disponible en> <http://www.ecuadorexplorer.com/es/html/la-ciudad-de-loja.html> [Consulta 28/11/14].
- [64] Laminas Solares [en línea] <Disponible en> http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/es_EC/WindowFilm_LA/Solutions/Markets-Products/Commercial/Safety-Security_Window_Films/ [Consulta 09/10/14].

[65] Calentador Solar. “Calentador solar presurizado 200l” [en línea] URL: <http://greensolutions.ec/tienda/calentador-solar-presurizado/> [Consulta 09/02/15].

[66] Comisión Nacional de Energía de Chile. “Análisis de alternativas ecológicas” [en línea] URL:

http://antiguo.minenergia.cl/minwww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/estudios/disenio4.pdf [Consulta 09/10/14].

[67] Eficiencia y desarrollo energético. “Agua caliente sanitaria central” [en línea] URL:

<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/ACS.pdf> [Consulta 09/10/14].

[68] Hoja de cálculo para ACS con el método F-Chart [en línea] URL:

<http://www.sitiosolar.com/recursos-de-la-web/> [Consulta 09/10/14].

ANEXOS

ANEXO A.

PAPER DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN.

Diseño de un sistema integral de aprovechamiento de energía solar para una vivienda urbana tipo en la ciudad de Loja

^{#1}Alfonso Ochoa, ^{#2}Sergio Valarezo, ^{#3}Jorge Luis Jaramillo

^{#1-2} Profesionales en formación IET, Universidad Técnica Particular de Loja

^{#3} Docente investigador SET DCCE, Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador

¹ajochoa@utpl.edu.ec, ²savalarezo@utpl.edu.ec, ³jorgeluis@utpl.edu.ec

Resumen — se describe los resultados obtenidos al diseñar un sistema integral de aprovechamiento de energía solar para una vivienda urbana tipo, para provisión de energía a un bloque de iluminación híbrida (fotovoltaica, red pública, solar diurna) y a un bloque de aprovechamiento de energía termosolar (regulación de temperatura y provisión de agua caliente sanitaria).

Palabras claves — energía, energía renovable no convencional, energía solar, energía fotovoltaica, energía termosolar, iluminación solar.

I. INTRODUCCIÓN

Como parte de una experiencia piloto de diseño de viviendas sustentables, se identificó la potencialidad del uso de sistemas solares para proveer algunos de los procesos típicos de la vivienda.

En este documento se describe los resultados obtenidos al diseñar un sistema integral de aprovechamiento de energía solar para una vivienda urbana tipo, para la provisión de energía a un bloque de iluminación híbrida (fotovoltaica, red pública, solar diurna) y a un bloque de aprovechamiento de energía termosolar (regulación de temperatura y suministro de agua caliente sanitaria).

II. ESTADO DEL ARTE EN LA INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN VIVIENDAS RESIDENCIALES URBANAS

A. Viviendas sustentables y energías renovables

La energía solar llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética, procedente del Sol, en donde se generó en un proceso de fusión nuclear. La energía solar puede aprovecharse directamente en 2 formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico), y, por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico) [1].

El aprovechamiento de la energía solar, y, de otras fuentes de energía renovable, es parte fundamental del desarrollo sustentable, que busca el equilibrio entre aspectos económicos, ambientales y sociales [2]. En particular, las viviendas sustentables pretenden ser eficaces en el uso de materiales de construcción, el consumo de energía, y, el

espacio construido, manteniendo el confort y la habitabilidad [2].

B. Sobre la integración de tecnología solar en edificaciones

El concepto de integración de tecnología solar en las edificaciones, nace de la necesidad de disponer de tecnología solar no solo endosada a un techo o terraza, con los consecuentes problemas de afección al diseño arquitectónico y a la estética, sino también como parte integrante de la visión global de la edificación.

La visión de arquitectos, diseñadores e ingenieros ha contribuido a que existan diversas opciones de integración de tecnología solar en edificaciones, entre las que se cita cubiertas inclinadas, cubiertas planas, toldos o parasoles, fachada integrada, fachada ventilada, pérgolas, barandas, aparcamientos, entre otros [3].

Por otra parte, en el mercado existen diferentes iniciativas complementarias de aprovechamiento de energía solar en viviendas, como vidrios fotovoltaicos [4], suelos fotovoltaicos [5], láminas fotovoltaicas [6], sistemas de iluminación solar para interiores, y cortinas fotovoltaicas [7].

C. Una aproximación al diseño a implementar en la vivienda urbana tipo en la ciudad de Loja

Los requerimientos preliminares señalan que la vivienda a diseñar será de corte minimalista, con un área de construcción aproximada de 200 m². En el plano este de la edificación, se podría optar por colectores solares térmicos para producción de ACS, con integración tipo fachada ventilada. En el plano oeste, se podría privilegiar una integración tipo fachada integrada, empleando módulos fotovoltaicos translúcidos. Por último, para el techo o azotea se optaría por la integración de paneles fotovoltaicos poli cristalinos en una cubierta plana (ver Fig. 1).

Entre las tecnologías complementarias, potencialmente utilizables en la vivienda, se sugiere la utilización de láminas de protección solar Energy Saver 35 de Hüper Optik, mientras que para iluminación de espacios oscuros

en el interior de vivienda se sugiere la utilización de tragaluzes tubulares Solatube. En la Fig.1 y 2 se muestra una vista panorámica de la integración de las soluciones seleccionadas.



Fig 1. Vista panorámica de una aproximación a la integración de tecnología solar en la vivienda urbana tipo de diseñar en la ciudad de Loja [8]

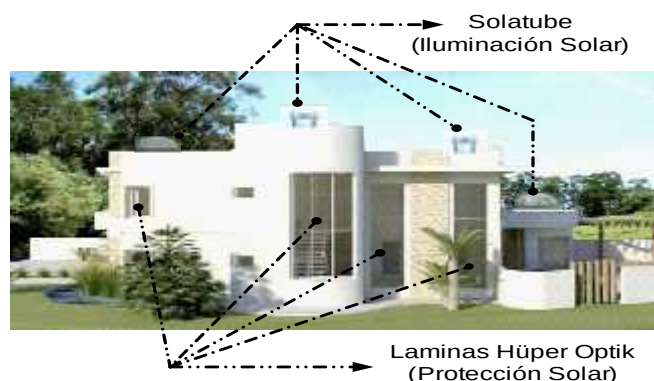


Fig. 2 Vivienda urbana tipo con láminas y captadores solares. Tomada [Online]: <http://construdeia.com/wp-content/gallery/fachada-de-sobrado-de-esquina/fachada-de-sobrado-de-esquina-13.jpg>

Considerando los requerimientos del propietario de la vivienda, en términos de tiempo y recursos económicos, el equipo de trabajo decidió proponer el diseño (e implementación posterior) de un sistema integral de aprovechamiento de energía solar, que provea a la vivienda de energía para un bloque de iluminación híbrida, y para un bloque de aprovechamiento de energía termosolar.

III. DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR EN UNA VIVIENDA URBANA TIPO

A. Sobre el diseño arquitectónico de la vivienda tipo

El diseño arquitectónico de la vivienda urbana tipo fue encargado al Departamento de Arquitectura y Artes de la UTPL. De acuerdo a los requerimientos del usuario, la

vivienda debería ser de corte minimalista, y, diseñada para una familia promedio de 4 integrantes.

De acuerdo a las condiciones del sitio de la construcción y la concepción general de la vivienda, desde la perspectiva del aprovechamiento de energía solar, se destaca la existencia de una terraza, y, la orientación este – oeste, por lo que el Sol irradiaría la fachada frontal, posterior, y la terraza. En estas condiciones, el equipo de trabajo acordó diseñar un sistema integral que provea la energía necesaria para un bloque de iluminación híbrida, y para un bloque de aprovechamiento de energía termosolar.

B. Prediseño del bloque de iluminación híbrida

Generalidades

En edificaciones, la luz natural proveniente del Sol, se utiliza para iluminación diurna, a través de recursos como claraboyas [9], helióstatos [10], y, tragaluzes solares tubulares [11] (ver Fig.3).

Los sistemas de iluminación con luz artificial se desarrollaron para no depender de fuentes naturales, y, basan su funcionamiento en la transformación de energía en luz [12]. En función de la ubicación de la fuente de luz, los sistemas de iluminación con luz artificial pueden ser directos e indirectos [13]. En función de su aplicación, los sistemas de iluminación se clasifican en 3 grupos: de iluminación interior, de iluminación exterior, y, de iluminación monumental. Los sistemas de iluminación residencial y comercial utilizan diversos tipos de lámparas: incandescentes, fluorescentes, y, de tecnología LED [14].



Fig.3. Esquema de un tragaluz tubular solar. Esquema tomada [online] de <http://ecoinventos.com/wp-content/uploads/2011/12/tragaluz-tubular-a-led-3270-3768735.jpg>

Arquitectura del bloque de iluminación

En un estado temprano del proyecto, el equipo de trabajo decidió proponer el diseño de un bloque de iluminación interna y externa, de naturaleza híbrida (solar + red eléctrica pública) que conjugue las ventajas de la iluminación LED y de los tragaluzes tubulares solares. Ante la falta de un diseño arquitectónico aprobado, se acordó que el diseño preliminar se realice para una edificación referencial de prestaciones similares.

Aproximación de la demanda de energía en el bloque de iluminación

Con la intención de optimizar el uso de espacio en la vivienda, mejorar las prestaciones de backup, y, minimizar la inversión en el sistema fotovoltaico, se decidió que los circuitos de fuerza se alimenten exclusivamente de la red eléctrica pública, y, no se consideran en este trabajo.

En este contexto, la aproximación de la demanda de energía en la vivienda se realizó por separado, para cargas en CD (iluminación), y para cargas en CA (fuerza).

Para aproximar la demanda de energía en CD, se ubicó en forma tentativa las iluminarias LED y los tragaluces tubulares en la vivienda referencial (ver Fig. 4, 5, y, 6).

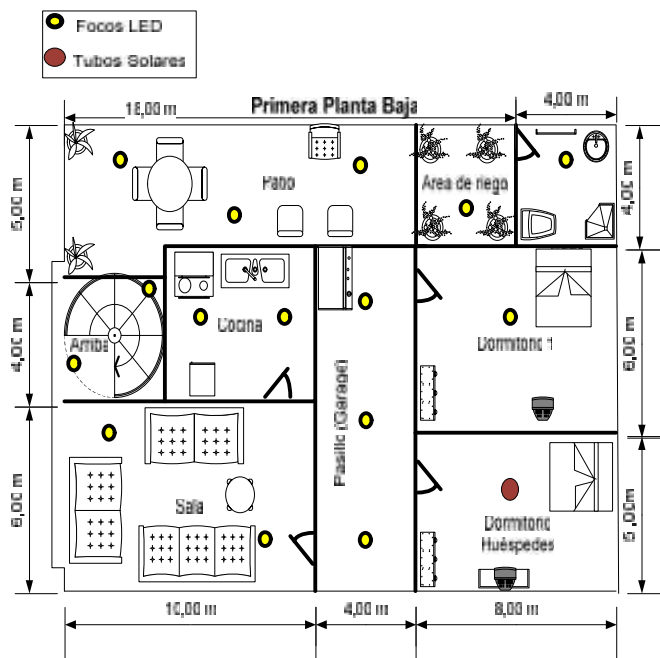


Fig.4 Ubicación tentativa de iluminarias LED y tragaluces tubulares solares en la planta baja de la vivienda referencial. Elaboración de los autores.

Se sugirió el empleo de lámparas de 10 W para iluminación interior, y, de 28 W para iluminación exterior. Con ayuda del software Dialux se simuló el desempeño de luminarias LED en la potencia sugerida. Como resultado se decidió proponer el uso de iluminarias LED SP80B y SP90 para 24 VDC [15]. La Tabla 1 resume la cantidad total requerida de iluminarias LED, y de tragaluces tubulares.

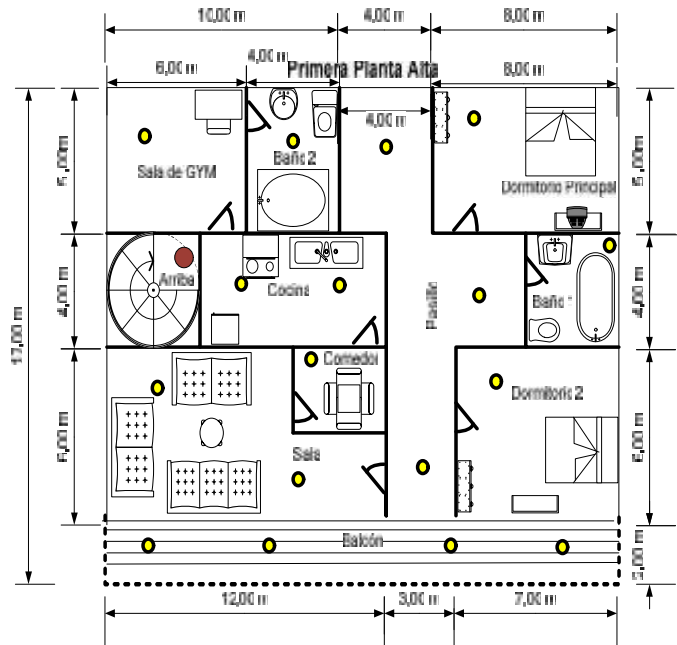


Fig.5 Ubicación tentativa de iluminarias LED y tragaluces tubulares solares en la primera planta alta de la vivienda referencial. Elaboración de los autores.

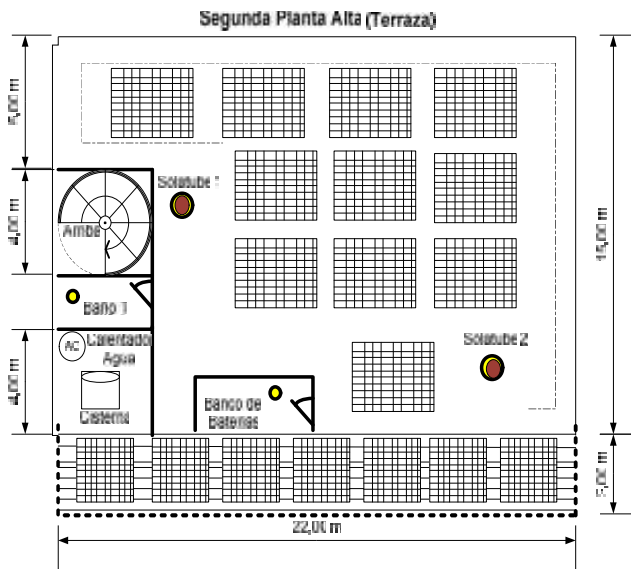


Fig.6 Ubicación tentativa de iluminarias LED y tragaluces tubulares solares en la segunda planta alta de la vivienda referencial. Elaboración de los autores.

Tabla 1.

Requerimiento general de iluminarias LED y de tragaluces tubulares solares de la vivienda. Elaboración de los autores.

Tipo	Potencia, W	Cantidad	Total
LED	Interior	10	34
	Exterior	28	
Tubos Solares	Planta baja	1	2
	Planta alta	1	

Considerando el número de iluminarias requeridas y la potencia seleccionada, se determinó la demanda total de energía en CD. A esta demanda se adicionó la de 2 iluminarias LED que se planea instalar dentro de los

tragaluces solares tubulares, para iluminación nocturna. La demanda de energía en CA se aproximó considerando la energía requerida por electrodomésticos y dispositivos comunes en la actualidad. La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 2.
Aproximación de la demanda de energía eléctrica de la vivienda en CA y CD. Diseño autores.

Demanda	Cant.	Consumo Pico, W	Consumo diario, Wh/día	Consumo mensual, KWh/mes
CA	25	5.216,72	10.600,77	318,02
CD	36	238,00	1.804,00	54,12

La Tabla 3 muestra una primera aproximación del presupuesto requerido para cubrir la instalación de las iluminarias LED y de los tragaluces solares tubulares.

Tabla 3.
Presupuesto de inversión en iluminación. Elaboración de los autores.

Item	Monto
Solatube DS 160 + 110V LED	2.338,80
Mano de obra Solatube	450,00
Luminarias LED (SP80B) y (SP90)	2.010,00
Mano de obra luminarias LED	360,00
Imprevistos (5%)	257,94
Total	5.416,74

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico requerido para proveer de energía al sistema de iluminación

La Fig.7 muestra el esquema general de provisión de energía a la vivienda. En particular, la carga de CD (iluminación LED), será atendida a 24V, desde un sistema fotovoltaico (PV). En el esquema de conexión se utilizará un módulo de transferencia para backup desde la red eléctrica pública.

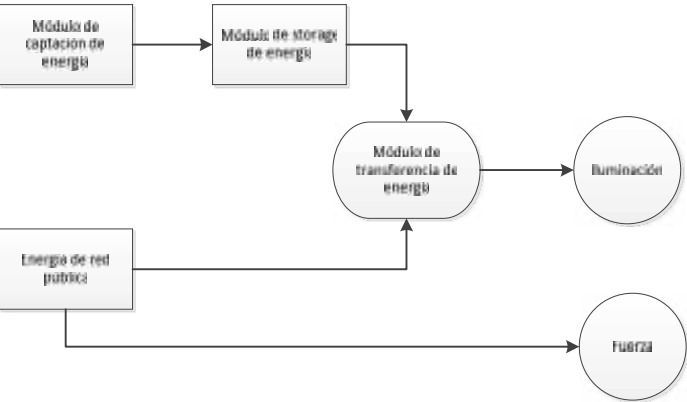


Fig. 7. Arquitectura propuesta para la provisión de energía a la vivienda. Diseño de autores.

En la Tabla 4 se resume los resultados obtenidos al dimensionar y seleccionar los elementos del sistema PV para alimentación de la iluminación de la vivienda.

Tabla 4.
Especificaciones técnicas de los elementos seleccionados para el sistema PV de provisión de energía al bloque de iluminación de la vivienda. Diseño autores.

Módulo de captación de energía	Modelo: Sanyo MP6-230E01	
	Potencia máxima: 230 W	
	Voltaje de operación: 24 V	
	Corriente máxima: 7,83 A	
	Corriente en corto circuito: 8.42 A	
	Número de paneles: 3	
Módulo de storage de energía	Regulador	Modelo Phocos PL60
		Voltaje de operación 24 V
	Baterías	Corriente máxima: 60 A
		Modelo: Ritar DC12-150
		Voltaje:12 V
		Capacidad: 150 Ah
		Max. Corriente: 78 A
		Número de baterías: 4
	Inversor	No aplica

El módulo de transferencia proveerá de un flujo continuo de energía a la carga, mediante el uso de la red pública como backup. El módulo poseerá tres dispositivos electrónicos: un inversor, un sensor de voltaje, y un conmutador.

La Tabla 5 resume el presupuesto de inversión requerido para la implementación del sistema PV para la provisión de energía al bloque de iluminación de la vivienda.

Tabla 5.
Presupuesto de inversión en la implementación del sistema fotovoltaico para provisión de energía al bloque de iluminación de la vivienda. Diseño autores.

Elemento	Inversión , USD
Módulo de captación de energía	1718,64
Módulo de storage de energía	3152,67
Módulo de transferencia de energía	520,00
Dirección e implementación	1521,39
Imprevistos	304,28
Total	7216,98

C. Diseño del sistema de iluminación híbrida

Una vez que el Departamento de Arquitectura y Artes de la UTPL entregó el diseño arquitectónico de la vivienda urbana tipo, fue necesario adaptar el prediseño del bloque de iluminación a las nuevas condiciones.

Como primera acción se confirmó la arquitectura propuesta para la provisión de energía a la vivienda, y, para la provisión de energía al bloque de iluminación (ver Fig.8 y 9). Para cubrir la demanda de energía durante la noche y ante la ausencia de energía solar disponible, se previó la utilización de bloques de reserva de energía, y de un conmutador para atender la provisión de energía directamente desde la red pública. El sistema de fuerza se atiende directamente desde la red pública y no es parte de este proyecto.

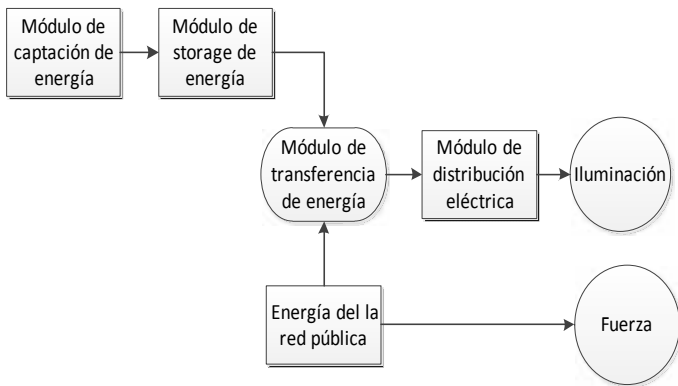


Fig. 8 Arquitectura propuesta para la provisión de energía eléctrica en la vivienda. Diseño de autores.

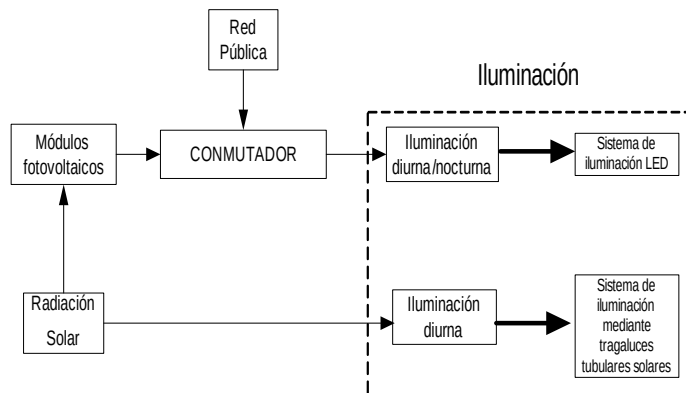


Fig. 9 Arquitectura del bloque de iluminación híbrida de la vivienda urbana tipo. Diseño de los autores.

Las luminarias LED se distribuyeron en los espacios de la vivienda, bajo la premisa de conseguir un número mínimo de unidades. Es importante recalcar que se busca también un cambio en el paradigma de pensamiento de los habitantes de la vivienda, razón por lo cual también fue determinante las condiciones de iluminación natural de la vivienda. Adicionalmente, durante la noche, los tragaluces solares se iluminarán con lámparas LED.

Los tragaluces tubulares solares se ubicaron bajo la premisa de garantizar el flujo de luz solar hacia el estudio y la sala de estar, espacios en los que se prioriza la iluminación natural sobre la artificial. Las Fig.10, 11 y 12, muestran la distribución de luminarias LED y tragaluces tubulares en cada planta de la vivienda.

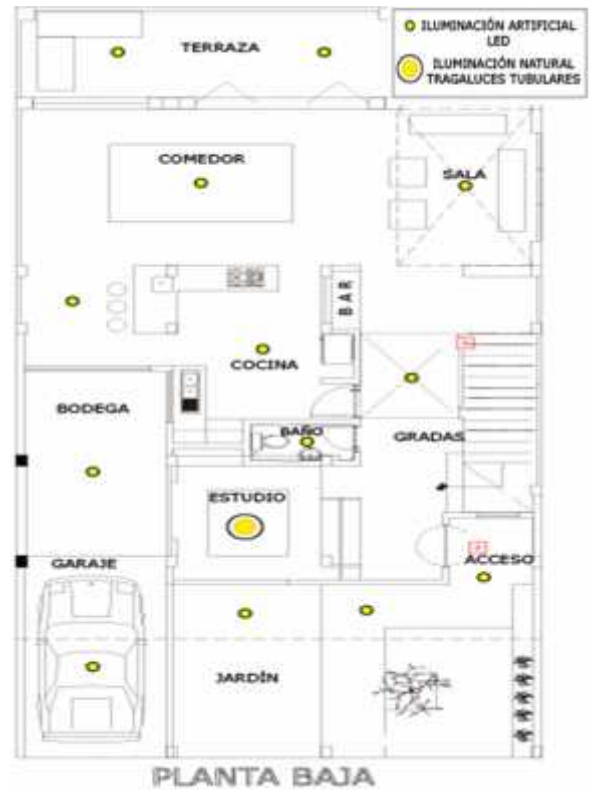


Fig.10 Distribución de luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la planta baja de la vivienda urbana tipo. Elaboración de los autores.

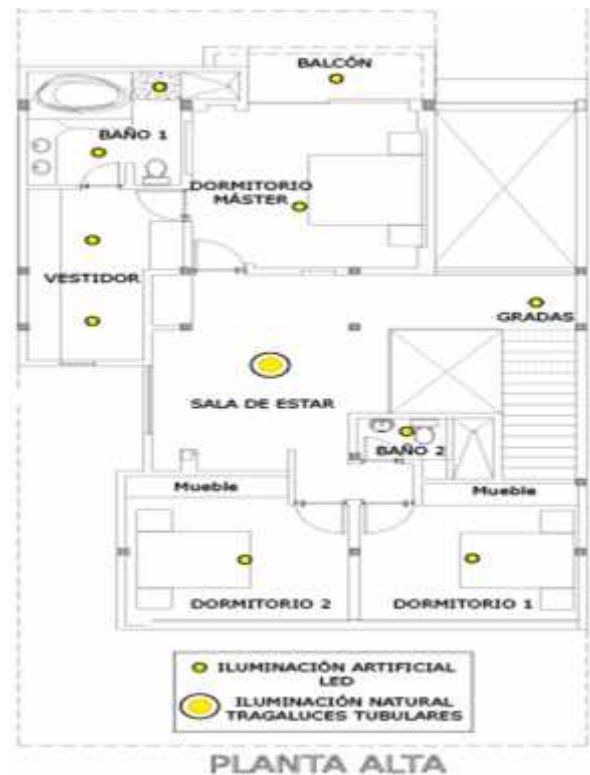


Fig.11 Distribución de luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la planta alta de la vivienda urbana tipo. Elaboración de los autores.

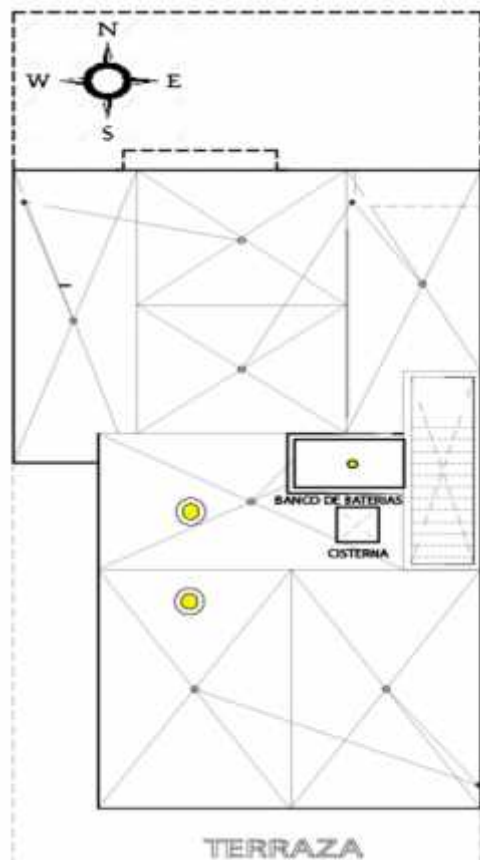


Fig.12 Distribución de luminarias LED y tragaluces tubulares solares en la terraza de la vivienda urbana tipo. Elaboración de los autores.

Considerando la disponibilidad en el mercado, se decidió utilizar lámparas de 10 W para iluminación interior, y de 28 W para iluminación exterior. En esta etapa del proyecto, el equipo de trabajo cambió el voltaje de alimentación a 110 VCA. En total se utilizará 21 lámparas interiores y 3 exteriores.

De entre los modelos existentes, se eligió las luminarias LED SP80B (10W) y SP90 (28W), para 110 V CA [16], las mismas que al ser sometidas a una simulación de desempeño en el aplicativo Dialux, mostraron patrones de radiación y flujos luminosos acordes con los esperado (ver Tabla 6).

La Tabla 7 muestra los resultados obtenidos al dimensionar la carga eléctrica requerida para alimentar a las luminarias LED a ubicar en la vivienda.

La Tabla 8 resume los resultados obtenidos en el dimensionamiento de los elementos del circuito fotovoltaico.

El módulo de transferencia operará de forma automática, y apoyará la provisión constante e interrumpida de energía al bloque de iluminación. En el marco de este proyecto, se utilizó el módulo diseñado con anterioridad en la SEE del DCCE. Desde la perspectiva del control automático, el módulo responde a la variable

“nivel de energía disponible en las baterías”, que caracteriza al módulo de storage del sistema [17]. En una primera etapa, se monitorea el nivel de voltaje en los bornes de las baterías del módulo de storage. Un descenso en el nivel más allá de lo permitido, emite una señal que activa la segunda etapa. En la segunda etapa, un temporizador crea un delay en la activación de un relé, que re-direcciona la alimentación del tablero de protección y del módulo de iluminación, hacia el módulo de la red pública eléctrica.

Tabla 6.
Resultados de la simulación de desempeño de las luminarias LED seleccionadas para utilizarse en iluminación interior y exterior, Elaboración de los autores.

Tipo de iluminación	Ambientes	Tipo de luminaria	Patrón de radiación	Flujo luminoso (lm)
Iluminación interior	Cocina	LED SP 80B (10 W)		450
	Sala			
	Comedor			
	Dormitorio 1			
	Dormitorio 2			
	Garaje			
	Gradas			
	Baño			
	Baño 1			
	Baño 2			
	Estudio			
	Sala de Estar			
	Dormitorio Máster			
	Vestidor			
	Balcón			
	Banco de baterías			
	Bodega			
Iluminación exterior	Jardín	LED SP 90 (28 W)		2100

En el apartado de distribución eléctrica, para identificar los conductores a utilizar en las instalación del sistema, se adaptó el código de colores previsto en la norma NOM-001-SEDE-2005 [18]: cables sólidos AWG 8 (color naranja para el positivo y celeste para el negativo), cable de solido AWG 10 (color rojo para fase y gris para neutro), cables sólidos AWG 14 (color gris para el neutro y azul para la fase).

De acuerdo a la norma ecuatoriana NEC-11 de energías renovables [19], el sistema de conexión será monofásico (1 fase, 1 neutro), con un tablero de distribución en la planta baja. La función del tablero de distribución es centralizar la activación y protección de los circuitos del sistema [20]. El tablero de distribución tendrá 4 breakers de 10 A cada uno (ver Fig. 13). Las Fig. 14 y 15 muestran los diagramas eléctricos de las plantas baja y alta de la vivienda.

Tabla 7.

Aproximación de la carga eléctrica requerida para abastecer a las iluminarias LED de la vivienda. Elaboración de los autores.

Sección	Ambiente	Unid.	Potencia (W)	Tiempo de uso (h/día)	Consumo energía (Wh/día)	Consumo mensual (W-m)
Planta Baja	Cocina	2	10	3	60	1800
	Sala	1	10	4	40	1200
	Comedor	1	10	3	30	900
	Estudio	1 ST (día)	LED (10 noche)	8	80	2400
	Bodega	1	10	0,25	2,5	75
	Baño	1	10	3	30	900
	Gradas	1	10	2	20	600
	Garaje	1	10	2	20	600
	Terraza	2	10	2	40	1200
	Jardín	3	28	4	336	10080
Planta Alta	Balcón	1	10	3	30	900
	Baño 1	2	10	3	60	1800
	Baño 2	1	10	2	20	600
	Dormitorio Máster	1	10	8	80	2400
	Vestidor	2	10	2	40	1200
	Gradas	1	10	2	20	600
	Dormitorio 1	1	10	8	80	2400
	Dormitorio 2	1	10	8	80	2400
	Sala de Estar	1 ST (día)	LED (10 noche)	5	50	1500
Terraza	Banco (Baterías)	1	10	2	20	600
SUBTOTAL, Wh					1138,5	34155
20% DE FACTOR DE RESERVA					227,7	6831
TOTAL, Wh					1366,2	40986
Carga pico del sistema, W					376,8	
*ST= Tragaluces solares tubulares						

Tabla 8.

Aproximación de la carga eléctrica requerida para abastecer a las iluminarias LED de la vivienda. Elaboración de los autores.

Módulo de captación de energía	Fabricante GMA Solar	
	Modelo GMA250P	
	Largo 165,2 cm	
	Ancho 99,2 cm	
	Alto 4,5 cm	
	Peso 20 Kg	
	Tipo de célula Policristalino	
	Número de células 60	
	Potencia máxima 250 W	
	Voltaje de operación 24 V	
	Corriente máxima 8,20 A	
	Corriente en corto circuito 8,87 A	
Módulo de storage de energía	Regulador	Fabricante Phocos
		Modelo CX40/40
		Largo 92 mm
		Ancho 93 mm
		Alto 38 mm
		Peso 168 g
		Voltaje de operación 24 V
		Corriente máxima 40 A
	Baterías	Fabricante Ritar Powerstar
		Modelo DC12-150
		Largo 48,3 cm
		Ancho 17 cm
		Alto 24 cm
		Peso 44,5 Kg
		Voltaje de operación 12 V
		Capacidad 150 Ah
		Máximo corriente 45 A
		Número de baterías 4
	Inversor	Fabricante Phocos
		Modelo SI700- 24110
		Voltaje de entrada 24 V CD
		Voltaje de salida 110 V
		Potencia Nominal 700 W
		Eficiencia 91 %
	Frecuencia de salida 60 Hz ±	
	a de salida de onda Sinusoidal	

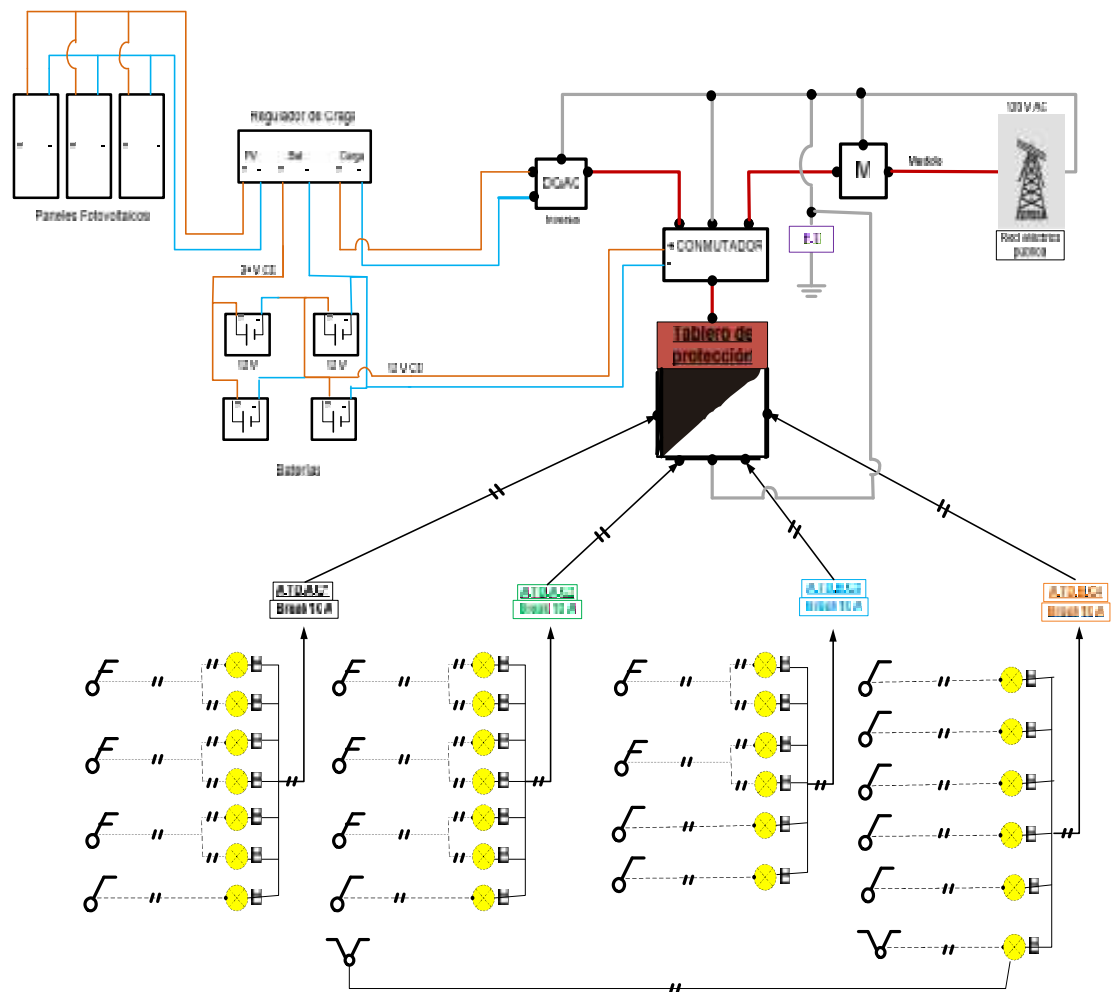


Fig.13 Sistema de iluminación fotovoltaica para la vivienda urbana tipo. Elaborado por los autores.

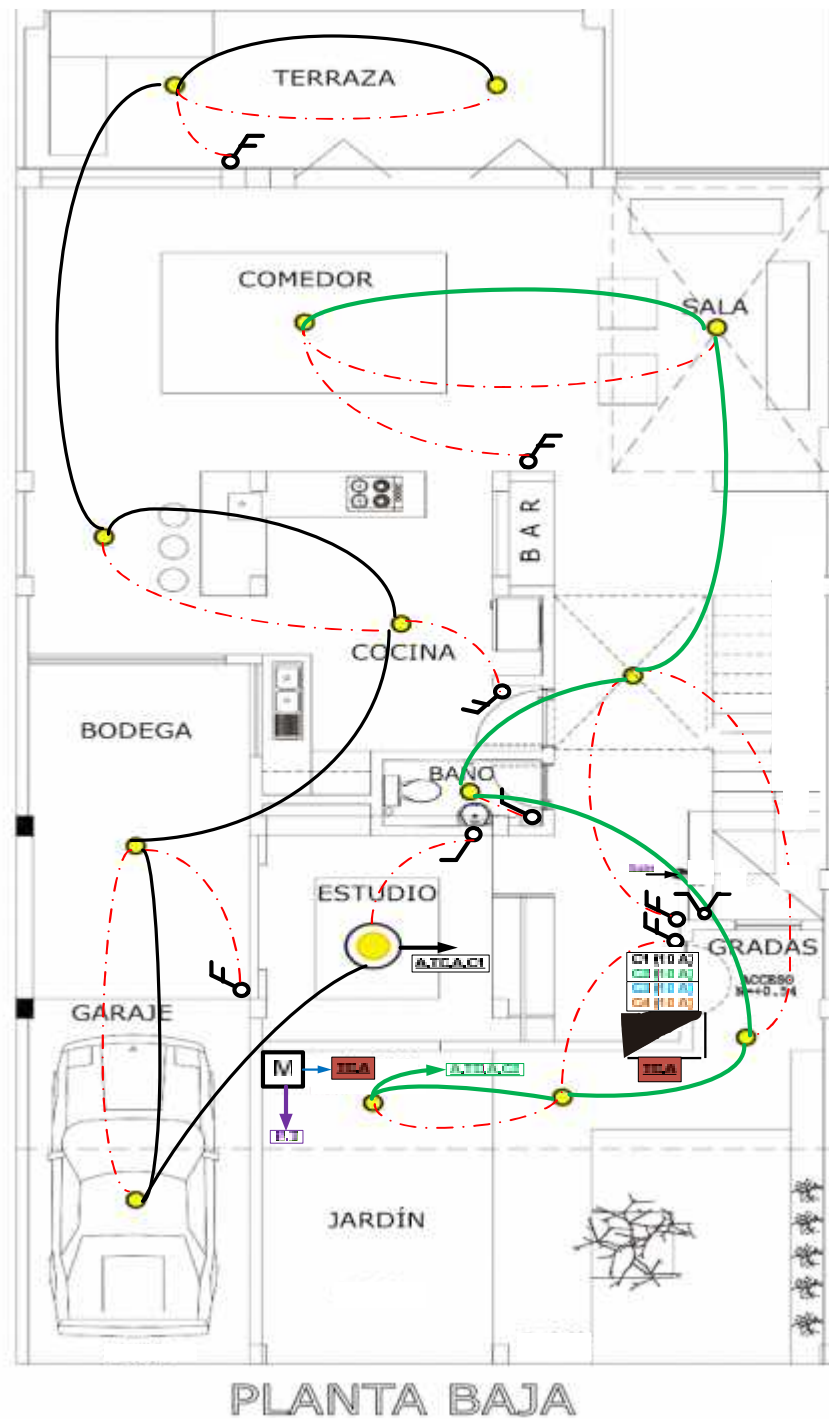


Fig.14 Diagrama eléctrico de iluminación en la planta baja de la vivienda. Elaborado por los autores.

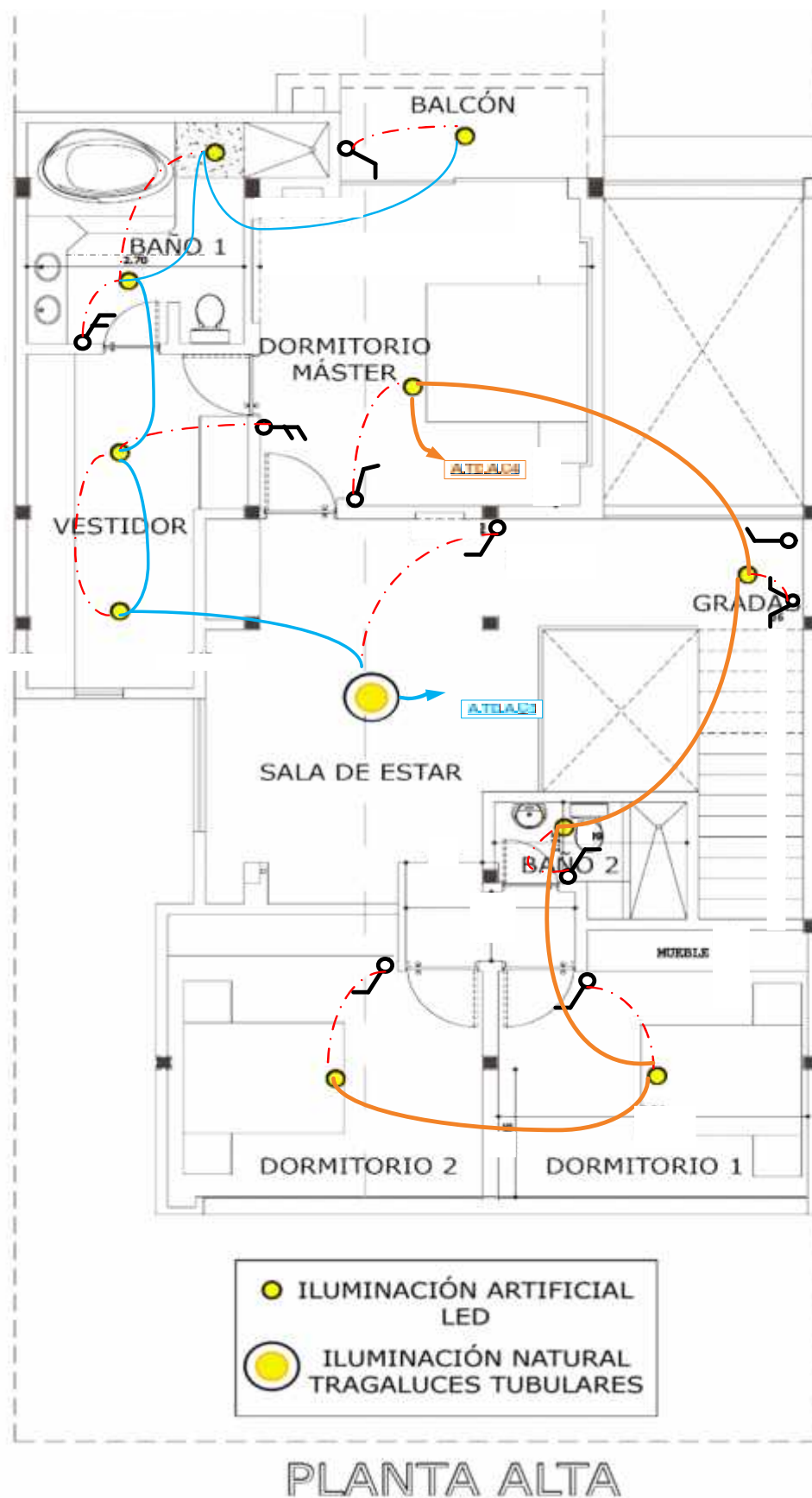


Fig.15 Diagrama eléctrico de iluminación en la planta alta de la vivienda. Elaborado por los autores.

Para la iluminación diurna se decidió utilizar 2 tragaluces solares tubulares, para iluminar el estudio ubicado en la planta baja, y, la sala de estar en la planta alta. Se utilizará tragaluces modelo solartube DS160 residencial, de 25 cm de diámetro, para cuya instalación se requiere abrir orificios en la losa o cubierta, de 30 cm de diámetro.

En el aplicativo Dialux se simuló el patrón luminoso del tragaluz y de una lámpara LED. Las Fig.16 y 17 muestran los patrones de iluminación obtenidos para el estudio, resaltando la mejor performance para el tragaluz solar.



Fig.16 Simulación del patrón luminoso de una luminaria LED en el estudio de la vivienda. Elaboración de los autores.



Fig.17 Simulación del patrón luminoso de un tragaluz solar tubular en el estudio de la vivienda. Elaboración de los autores.

La Tabla 9 resume la inversión requerida para la implementación del bloque de iluminación híbrida para la vivienda urbana tipo.

Tabla 9.
Presupuesto de inversión en el bloque de iluminación híbrida para la vivienda urbana tipo. Elaborado por autores.

Insumo	Unid.	Cant.	VU, USD	Total, USD
Panel solar GMA 250P	u	3	591,36	1774,08
Batería Ritar Power DC12-150	u	4	430,52	1722,08
Regulador Phocos CX 40/40A	u	1	193,50	193,50
Inversor Phocos SI700-24110	u	1	652,20	652,20
Equipo de transferencia de energía	u	1	20,00	20,00
Breaker 10 A DC	u	4	13,00	52,00
Caja de breakers para 4	u	1	12,50	12,50
Boquillas	u	24	1,30	31,20
Interruptores simples	u	9	2,50	22,50
Interruptores dobles	u	8	4,50	36,00
Conmutador Simple	u	2	2,00	4,00
Varilla de cobre para puesta a tierra de 1,80 m	u	1	9,50	9,50
Cable AWG # 8	m	60	0,95	57,00
Cable AWG # 10	m	30	0,75	22,50
Cable AWG # 14	m	400	0,35	140,00
Tubo 3/4" instalación eléctrica	m	130	0,30	39,00
Pinzas, misceláneos, grapas, borneras, fusibles, cinta aislante, terminales y todo aquello que los equipos ofertados requieran según especificaciones técnicas del mismo	u	1	200,00	200,00
Luminarias LED interior (SP80B)	u	21	40,00	840,00
Luminarias LED exterior (SP90)	u	3	230,00	690,00
Solatube DS 160 + 110V LED	m	4,50	1342,00	2040,00
Solatube DS 160 + 110V LED	m	1,50	698,00	
Mano de obra				1210,00
TOTAL, USD				9768,06

D. Diseño del bloque de aprovechamiento de energía termosolar

En función de la disponibilidad de energía termosolar en la ciudad de Loja, el equipo de trabajo decidió profundizar en la investigación sobre tecnologías para mantener la temperatura y proporcionar agua caliente sanitaria.

Sobre la regulación de la temperatura en la vivienda

La ciudad de Loja registra niveles de insolación de 4350 Wh/m²/día, y su temperatura diaria oscila entre los 16 y los 21° C, con una temperatura promedio de 17° C [21]. Ante estas condiciones se decidió proponer la instalación de láminas de protección solar en los ventanales de la vivienda, a fin de garantizar la regulación de temperatura en el interior, y optimizar el uso de energía en calefacción.

En función de la disponibilidad en el mercado, se decidió utilizar láminas solares tipo Energy Saver 35 de la empresa Hüper Optik, que regulan el ingreso de los rayos UV (ultravioletas) e IR (infrarrojos) del espectro solar, facilitando el ingreso del segmento de luz visible.

Las Fig.18 y 19 muestran la ubicación de las láminas protectoras, las mismas que se instalarán siguiendo las recomendaciones del fabricante descritas en [22].

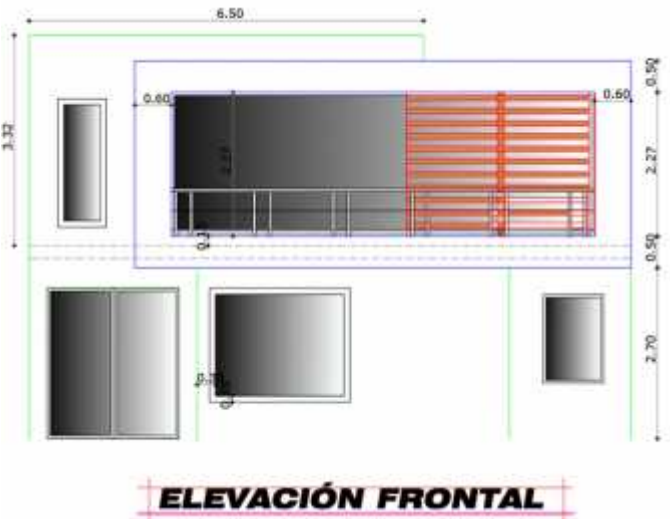


Fig.18 Vista frontal de la vivienda urbana tipo, con láminas solares de protección. Diseño de los autores.



Fig.19 Vista posterior de la vivienda urbana tipo, con láminas solares de protección. Diseño de los autores.

La Tabla 10 muestra el presupuesto aproximado de inversión en láminas solares protectoras.

Tabla 10. Presupuesto de inversión en láminas solares protectoras para la vivienda urbana tipo. Elaborado por autores.

Posición	Dimensiones de las ventanas (cm)		Número de ventanas	Área (m ²)	Costo por lámina (USD/m ²)	Total (USD)
	Ancho	Alto				
Fachada Frontal	0,60	1,80	1	1,08	55,00	59,40
	3,80	2,27	1	8,63		474,43
	1,50	2,27	2	6,81		374,55
	1,00	2,27	2	4,54		249,70
	2,10	1,60	1	3,36		184,80
	0,90	1,30	1	1,17		64,35
Fachada Posterior	2,35	0,40	1	0,94		51,70
	1,35	2,10	2	5,67		311,85
	1,85	1,94	1	3,59		197,40
	1,22	2,33	2	5,69		312,69
	2,00	2,33	1	4,66		256,30
	1,40	2,33	1	3,26		179,41
	2,38	2,22	1	5,28		290,60
	2,38	2,85	1	6,78		373,07
	2,38	2,70	1	6,43		353,43
TOTAL m ²				67,88		3.007,17
(Instalación) mano de obra						-
Descuento (10%)						300,72
IVA (12%)						324,77
TOTAL						3.031,23

Sobre la provisión de agua caliente sanitaria

Los sistemas solar térmicos para la provisión de agua caliente sanitaria (ACS), reducen la demanda de otras formas de energía, poseen alta fiabilidad, son de fácil montaje y de mínimo mantenimiento.

En el mercado actual se oferta diversa tecnología para la provisión de ACS, que en general, garantizan el suministro 24h al día, con una vida útil estimada de 20 años [23].

La Tabla 11 resume los parámetros básicos considerados en el diseño de un sistema de provisión de ACS, así como valores de diseño asignados a cada parámetro.

Tabla 11.

Parámetros básicos considerados en el diseño de un sistema de ACS.
Elaboración de los autores.

Número de personas	4
Volumen diario de ACS	20 l / persona
Temperatura de operación	60°C
Tipo de colector solar	Tubos de vacío (Heatpipe)
Tipo de sistema	No presurizado (gravedad)
Lugar de suministro	Baño principal (Ducha)
Respaldo eléctrico	No
Ubicación del sistema	Terraza

El volumen diario de ACS requerido se estimó de acuerdo a la bibliografía [19], [24], exclusivamente para duchado. El tipo de colector solar se seleccionó considerando que esa tecnología garantiza que la temperatura de operación dentro del tanque de almacenamiento, es de alrededor de 60°C, lo que no permite el crecimiento de bacterias peligrosas para la salud humana como la legionella [25]. La circulación del ACS se realizará por gravedad, economizando energía en una bomba.

La Tabla 12 muestra las características técnicas de los colectores solares con tecnología heatpipe existentes en el mercado local.

Tabla 12.

Análisis comparativo de los colectores solares con tecnología heatpipe existente en el mercado local. Elaboración de los autores.

Modelo	Konig Sonne	Grun Tech	Chisol
Volumen almacenamiento, l	180	200	200
Nº de tubos	20	20	28
Temperatura de operación, °C	60 a 90	60 a 90	60 a 90
Presión, bar	6	6	6
Superficie útil del colector, m²	2,09	2,09	2,2
Peso, Kg	96	95	105
Peso depósito lleno, Kg	260	258	270
Grados de inclinación, °	12	12	12
Coefficiente de eficiencia	0,8	0,8	0,8
Precio, USD	1600	1600	1750

Considerando las prestaciones, disponibilidad, y, precio, el equipo de trabajo decidió seleccionar el sistema Grün Tech, distribuido en el mercado local por la empresa Green Solutions Ecuador (ver Fig. 20)



Fig.20 Vista panorámica del colector solar Grün Tech heatpipe de 200 l. Tomada [online]: <http://greensolutions.ec/tienda/calentador-solar-presurizado/>

Para determinar el rendimiento del colector solar seleccionado, en las condiciones de la ciudad de Loja, se aplicó la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC 11, capítulo 14 referido a energías renovables [19]; que sugiere la utilización del método F-Chart para calcular la cobertura solar del sistema, en relación a la energía necesaria para cubrir las cargas térmicas. La metodología F-Chart se describe en [26].

La Tabla 13 muestra la energía térmica requerida para proveer de ACS a la vivienda, en cada mes del año. La demanda de ACS se estableció considerando el requerimiento diario y el número de días del mes. La temperatura promedio es el resultado de la diferencia entre los 60°C del agua en el termotanque y la temperatura promedio ambiente. La energía requerida se calcula entonces de acuerdo a lo explicado en [26].

Tabla 13.

Energía térmica requerida para proveer de ACS a la vivienda, por mes.
Elaboración de los autores.

Mes	Demanda de ACS [m³]	Temperatura prom. [°C]	Ener. Req. [Kcal·1000]
Enero	2,5	50,0	124
Febrero	2,2	48,8	109
Marzo	2,5	47,6	118
Abril	2,4	46,4	111
Mayo	2,5	45,2	112
Junio	2,4	44,0	106
Julio	2,5	42,8	106
Agosto	2,5	44,0	109
Septiembre	2,4	45,2	108
Octubre	2,5	46,4	115
Noviembre	2,4	47,6	114
Diciembre	2,5	48,8	121

La Tabla 14 muestra la energía térmica aportada por el colector seleccionado. La energía aportada se calculó considerando los diversos parámetros técnicos exigidos

en [26]. Los resultados muestran que el colector es capaz de aportar como mínimo con el 87% del requerimiento, y, como máximo con el 97%. En términos prácticos se considera entonces que el colector satisface los requerimientos (ver Fig. 21).

Tabla 14.

Aporte energético del colector seleccionado a la provisión de ACS a la vivienda. Elaboración de los autores.

Mes	Ener. Req. [Kcal·1000]	Ener. Aport. [Kcal·1000]	Aporte [%]
Enero	124,0	105,7	85
Febrero	109,3	100,2	92
Marzo	118,0	105,7	90
Abril	111,4	97,1	87
Mayo	112,1	99,6	89
Junio	105,6	92,8	88
Julio	106,1	93,6	88
Agosto	109,1	101,5	93
Septiembre	108,5	103,6	96
Octubre	115,1	111,2	97
Noviembre	114,2	114,2	100
Diciembre	121,0	121,0	100
Anual	1, 4	1,3	92

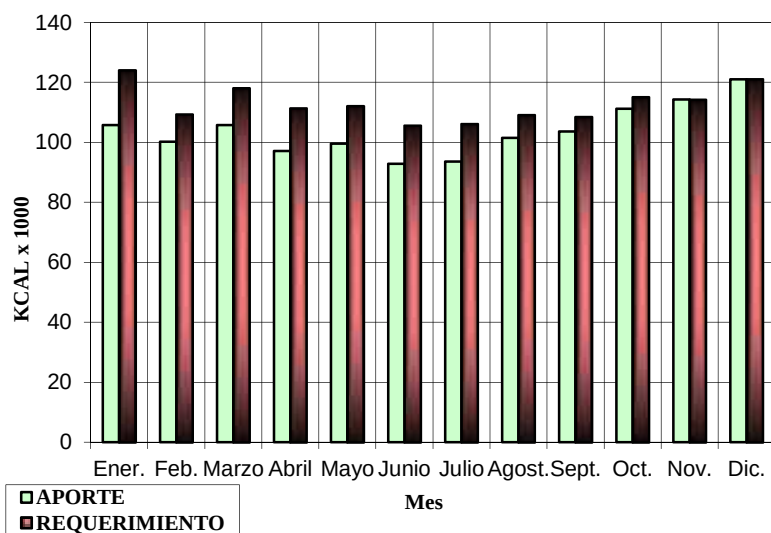


Fig.21 Requerimiento mensual de energía térmica para la provisión de ACS, y, aporte de energía térmica desde el colector. Elaborado por los autores.

La Tabla 15 describe la inversión requerida para implementar un sistema termosolar para provisión de ACS a la vivienda.

Tabla 15.

Presupuesto de inversión para la implementación de un sistema termosolar para la provisión de ACS a la vivienda. Elaboración de los autores.

Item	Cant.	VU, USD	Total, USD
Colector Solar Gruntech 200 l	1	1600,00	1600,00
Codos PP de ½"	6	1,10	6,60
Tubería PP de ½" x 6m	6	11,21	67,26
Tubería PP de ¾" x 6m	1	14,63	14,63
Unión universal	1	2,29	2,29
Válvula de seguridad 20 PSI"	1	9,68	9,68
Válvula de retención	1	2,40	2,40
T plástica ½"	1	1,06	1,06
Acoples 3/4 a media pulgada	1	2,06	2,06
Filtro de sedimentos	1	22,30	22,30
Varios (cintas, sellante, abrazaderas, etc)	1	200,00	200,00
Mano de Obra	1	350,00	350,00
Total, USD			2278,28

IV. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos muestran la factibilidad técnica de proveer a una vivienda urbana tipo de un sistema integral de aprovechamiento de energía solar.
- Este sistema integral de aprovechamiento de energía solar permitirá potenciar un bloque de iluminación híbrida (fotovoltaica, red pública, solar diurna), y un bloque de aprovechamiento de energía termosolar (regulación de temperatura y provisión de agua caliente sanitaria).

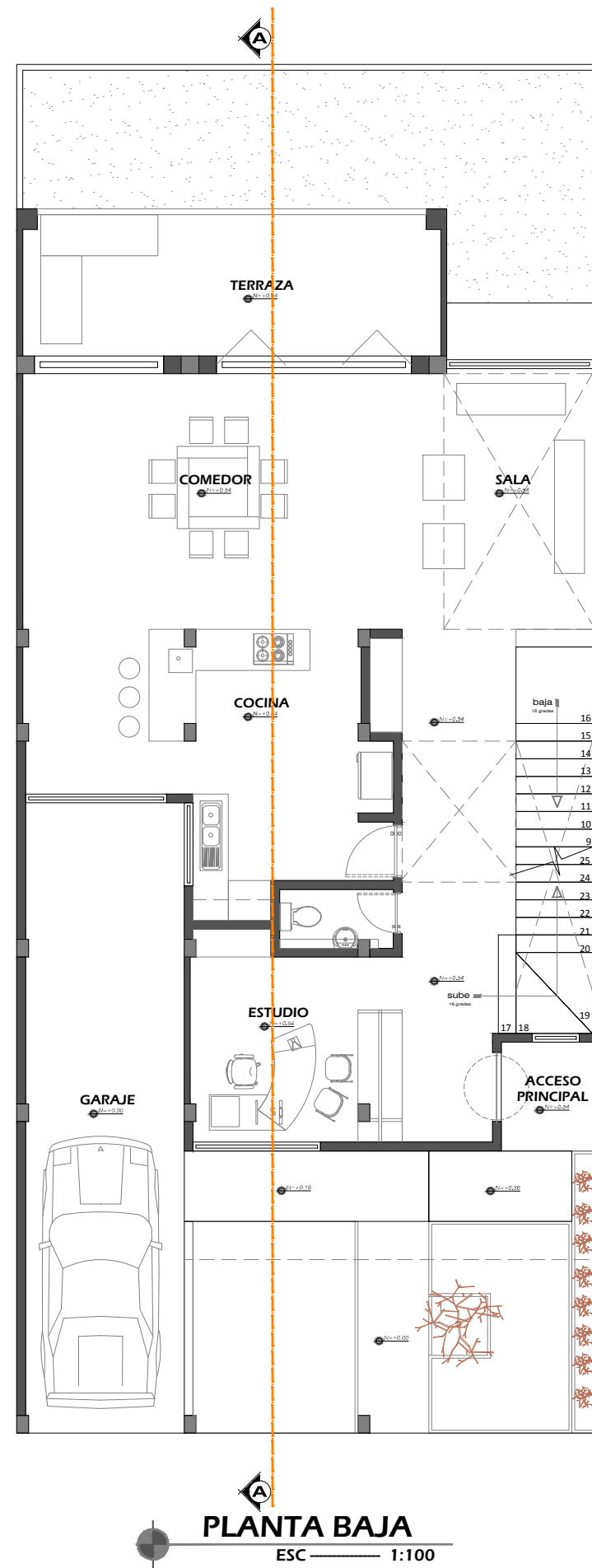
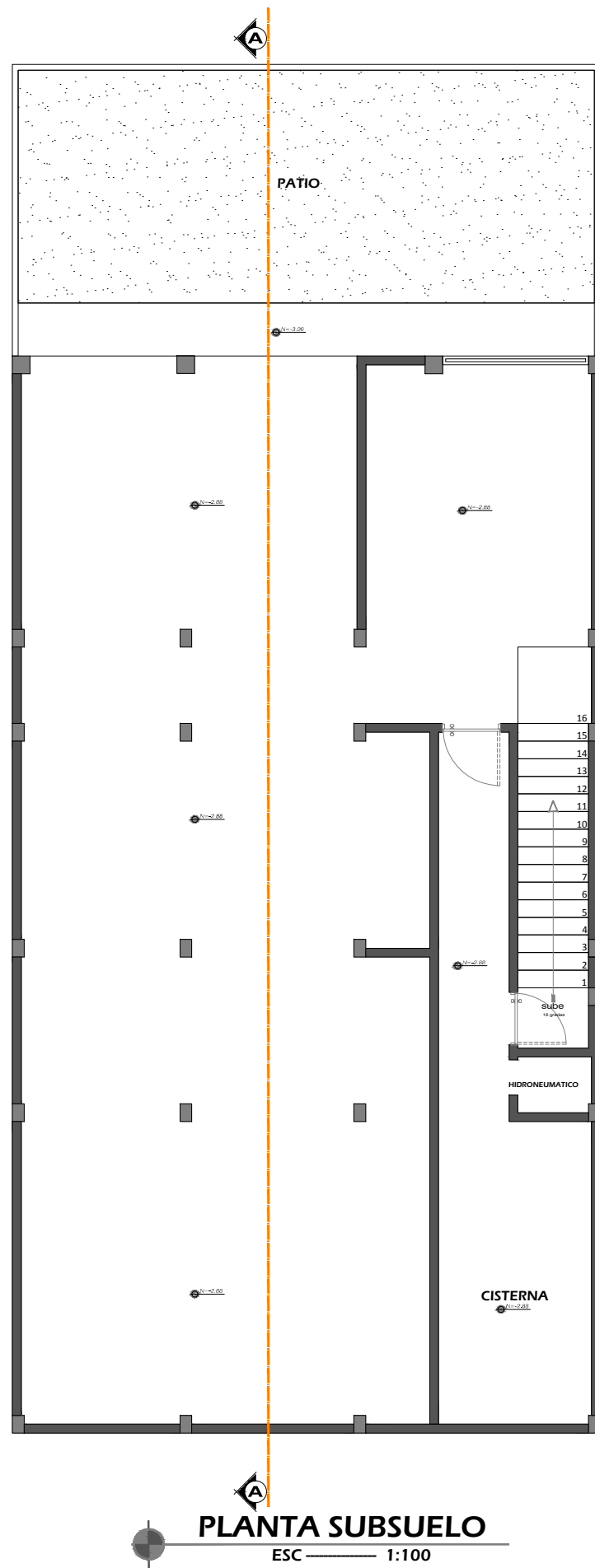
V. REFERENCIAS

- [1] Energía Solar [Online] <Disponible en> http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm [Consulta 09/10/14].
- [2] Viviendas urbanas y ahorro energético [Online] <Disponible en> <http://vivienda.inecc.gob.mx/> [Consulta 11/10/14].
- [3] Isofoton, Documentación técnica, Productos, España 2011. No disponible.
- [4] Ubicación Ventanas Fotovoltaicas [Online] <Disponible en> http://www.ehowenespanol.com/colectores-solares-ventanas-lista_318813/ [Consulta 09/10/14].
- [5] Suelo fotovoltaico [Online] <Disponible en> <http://www.onyxosolar.com/es/suelo-fotovoltaico-transitable.html> [Consulta 09/10/14].
- [6] CEAMER: Centro de estudio en medio ambiente y energías renovables [Online] <Disponible en> http://cemaer.org/curso-gratis/03.html?utm_source=getresponse&utm_medium=email&utm_campaign=gstriatum_paneles&utm_content=%5B%5Bfirstnme%5D%5D+-+Imagen+-+Que+le+Puedo+Conectar+a+un+Panel+Solar#.VD_4H5R5NPY [Consulta 15/10/14].
- [7] Reflexión Solar: SOLATUBE [Online] <Disponible en> <http://www.yourguardianroof.com/tacoma-solatube/> [Consulta 09/10/14].

- [8] Archiexpo, SolarWorld, Roof integration PV solar kit [en línea], Alemania 2014. Disponible: <http://www.archiexpo.com/prod/solarworld/roof-integration-pv-solar-kits-68366-752816.html>
- [9] Claraboyas [Online] <Disponible en> <http://www.claraboyasamedida.com/Claraboyas.html> [Consulta 27/11/14]
- [10] Heliostatus [Online] <Disponible en> http://centrodeartigo.com/articulos-utiles/article_104303.html [Consulta 27/11/14].
- [11] Tragaluzes tubulares solares [Online] <Disponible en> <http://www.arkiplus.com/tragaluz-tubular-o-tubo-solar> [Consulta 27/11/14].
- [12] Luz natural y artificial [Online] <Disponible en> <http://www.claraboyasecoluz.com.ar/wzinfo/que-es-la-luz-luz-natural-y-luz-artificial/> [Consulta 27/11/14].
- [13] Sistemas de iluminación [Online] <Disponible en> <http://www.estiloambientacion.com.ar/iluminaciontipos.htm> [Consulta 26/11/14].
- [14] Tipos iluminación [Online] <Disponible en> <http://www.unge.gq/ftp/biblioteca%20digital/Iluminacion/Conceptos%20basicos%20de%20iluminacion%20y%20ahorro%20de%20energia.pdf> [Consulta 24/11/14].
- [15] Luminarias LED, modelos, precios [Online] <Disponible en> http://www.proviento.com.ec/catalogo_web.pdf [Consulta 28/11/14].
- [16] Luminarias LED, modelos, precios [en línea] <Disponible en> http://www.proviento.com.ec/catalogo_web.pdf [Consulta 28/11/14].
- [17] Implementación del sistema híbrido de provisión de energía para una isla experimental ubicada en el Campus San Cayetano de la UTPL [en línea] URL: <http://es.scribd.com/doc/154206606/implementacion-de-un-sistema-hibrido-de-provision-de-energia-para-una-isla-experimental-ubicada-en-el-Campus-San-Cayetano-de-la-UTPL> [Consulta 24/02/15].
- [18] Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización), Secretaria de Energía, México. [consulta 28/02/ 2015]
- [19] Norma Ecuatoriana NEC-11 de energías renovables. Disponible en <<http://www.cimeg.org.ec/normasnec/NEC2011-CAP.14/ENERGIAS%20RENOVABLES-021412.pdf>> [consulta 28/02/ 2015]
- [20] “Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión”. [en línea] URL: Disponible en: <<http://www.uv.mx/personal/jdominguez/files/2012/10/Manual-de-Instalaciones-Elctricas-en-BT-2009.pdf>> [consulta 28/02/ 2015]
- [21] Temperatura y clima ciudad de Loja [en línea] <Disponible en> <http://www.ecuadorexplorer.com/es/html/la-ciudad-de-loja.html> [Consulta 28/11/14].
- [22] Laminas Solares [en línea] <Disponible en> http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/es_EC/WindowFilm_LA/Solutions/Markets-Products/Commercial/Safety-Security_Window_Films/ [Consulta 09/10/14].
- [23] Calentador Solar. “Calentador solar presurizado 200l” [en línea] URL: <http://greensolutions.ec/tienda/calentador-solar-presurizado/> [Consulta 09/02/15].
- [24] Comisión Nacional de Energía de Chile. “Análisis de alternativas ecológicas” [en línea] URL: http://antiguo.minenergia.cl/minwww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/estudios/disenio4.pdf [Consulta 09/10/14].
- [25] Eficiencia y desarrollo energético. “Agua caliente sanitaria central” [en línea] URL: <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/ACS.pdf> [Consulta 09/10/14].
- [26] Hoja de cálculo para ACS con el método F-Chart [en línea] URL: <http://www.sitiosolar.com/recursos-de-la-web/> [Consulta 09/10/14].

ANEXO B.

DISEÑOS GEERADOS EN FORMATO CAD.



TITULO
" DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA URBANA TIPO EN LA CIUDAD DE LOJA "



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

REVISADO
ING. JORGE LUIS JARAMILLO PACHECO

TESISTA
ALFONSO JAVIER OCHOA MUÑOZ
SERGIO ANDRÉ VALAREZO RAMÍREZ

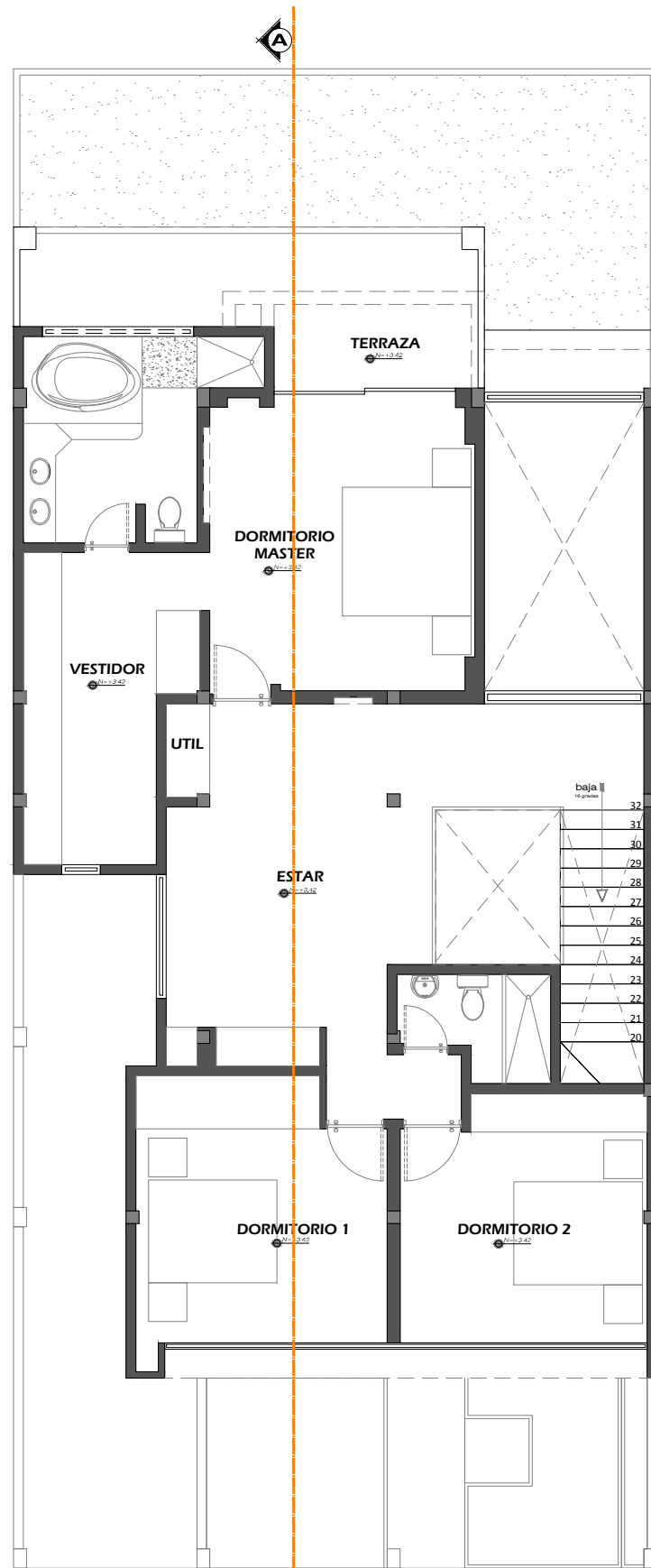
CONTENIDO:
- PLANTA DE SUBSUELO
- PLANTA BAJA

ESCALA
1 : 100

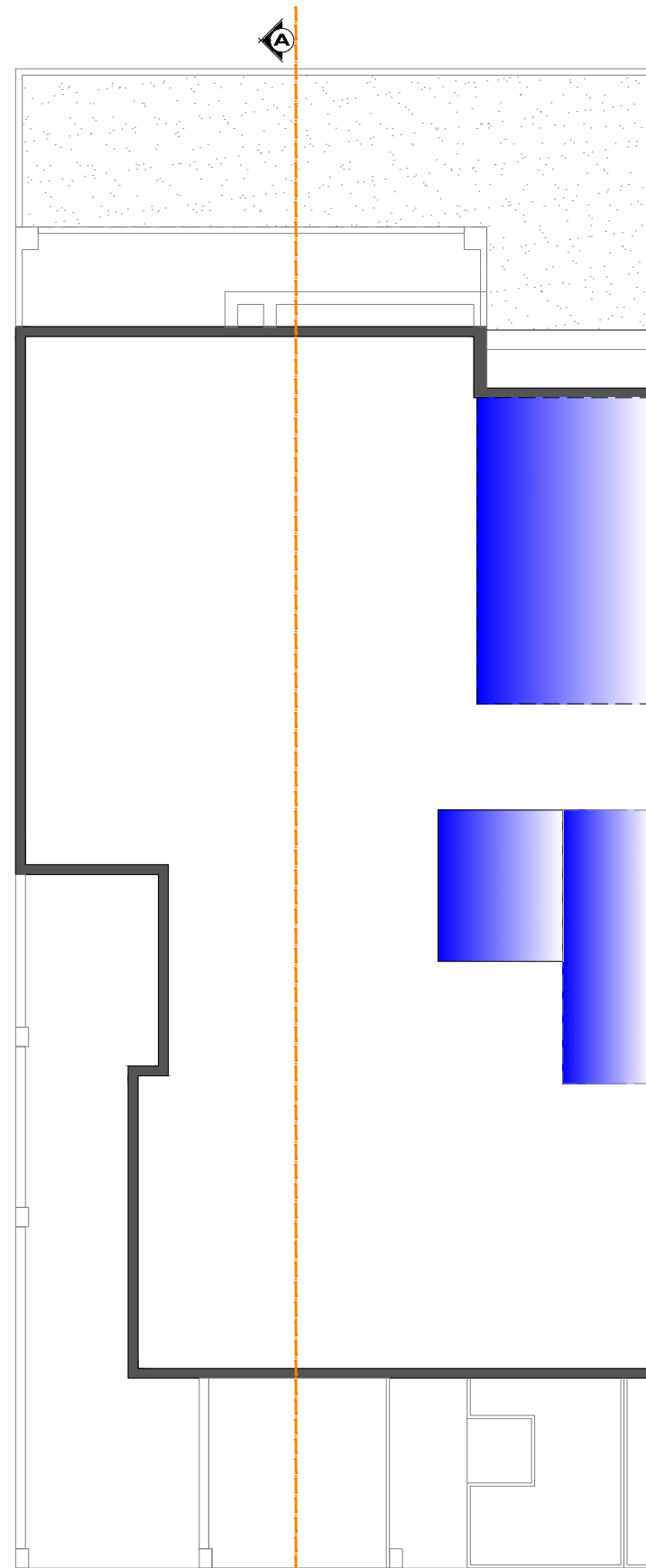
FECHA
ABRIL 2015

PLANOS ARQUITECTÓNICOS
ARQ. RAMIRO CORREA

LAMINA
1 / 6



PLANTA ALTA
ESC 1:100



PLANTA DE CUBIERTAS
ESC 1:100

TITULO
" DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE
APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA
SOLAR PARA UNA VIVIENDA URBANA
TIPO EN LA CIUDAD DE LOJA "



**UNIVERSIDAD TÉCNICA
PARTICULAR DE LOJA**
La Universidad Católica de Loja

REVISADO
ING. JORGE LUIS JARAMILLO PACHECO

TESISTA
ALFONSO JAVIER OCHOA MUÑOZ
SERGIO ANDRÉ VALAREZO RAMÍREZ

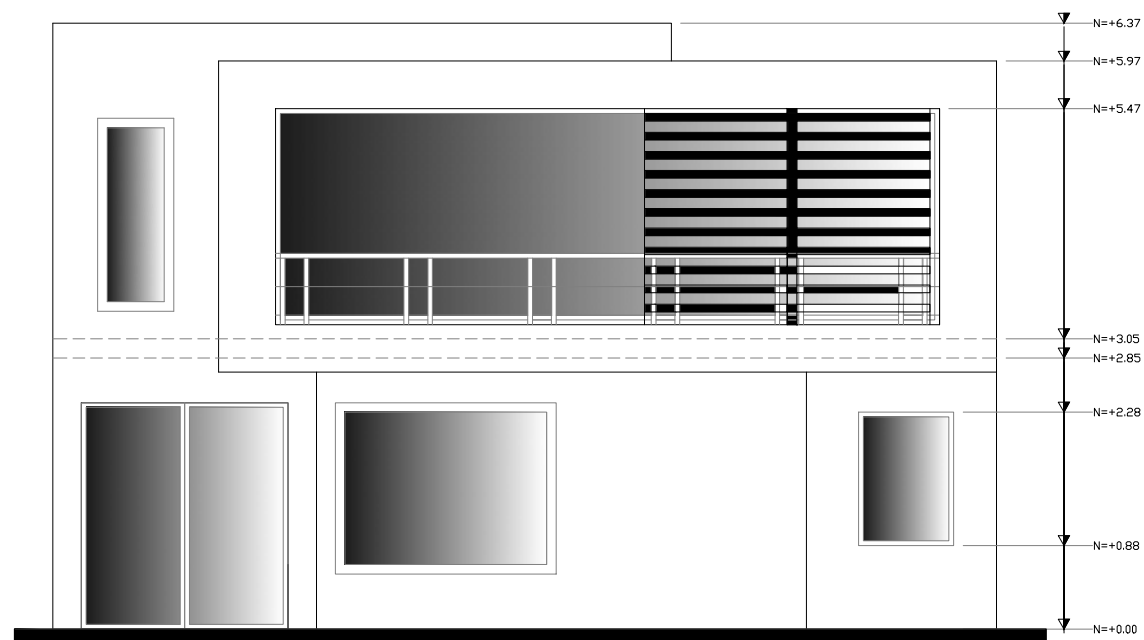
CONTENIDO:
- PLANTA ALTA
- PLANTA DE CUBIERTA

ESCALA
1 : 100

PLANOS ARQUITECTÓNICOS
ARQ. RAMIRO CORREA

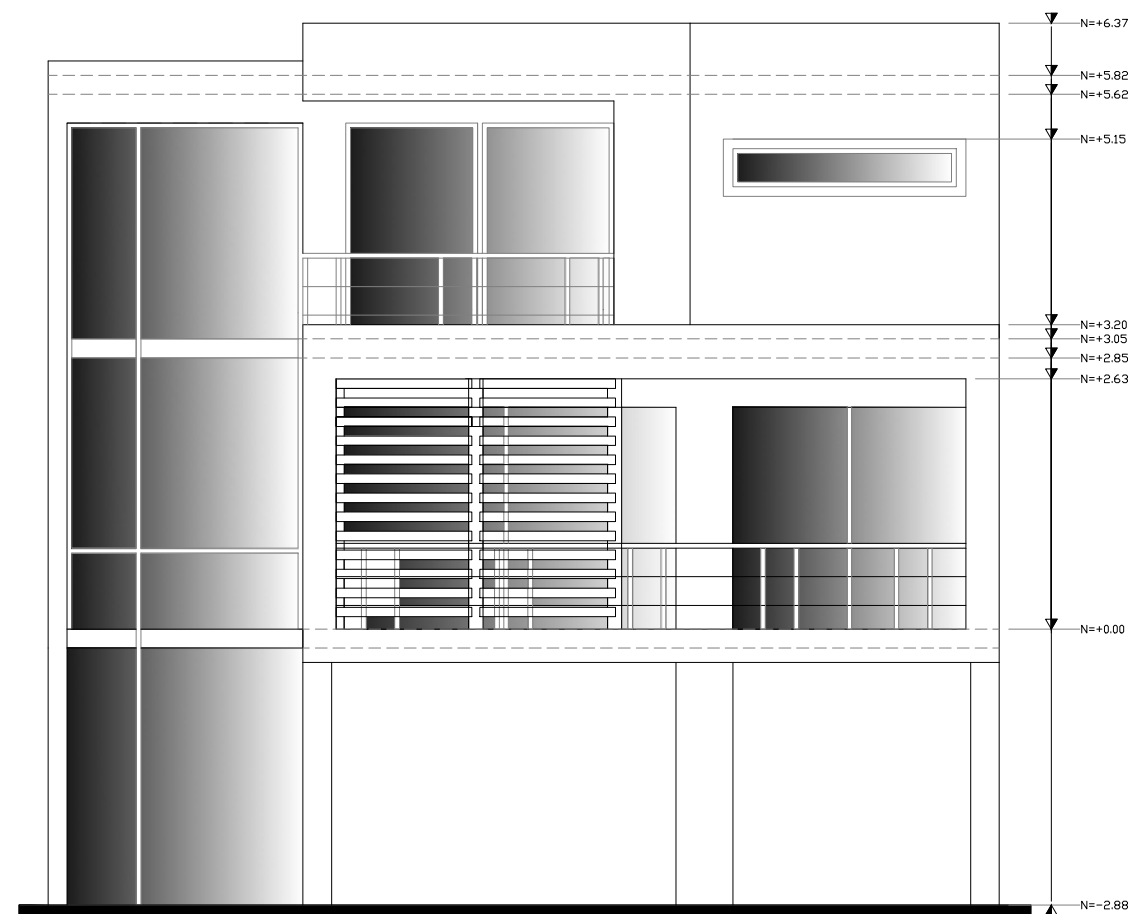
FECHA
ABRIL 2015

LAMINA
2 / 6



FACHADA FRONTAL

ESC 1:75



FACHADA POSTERIOR

ESC 1:75

TITULO
" DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE
APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA
SOLAR PARA UNA VIVIENDA URBANA
TIPO EN LA CIUDAD DE LOJA "



**UNIVERSIDAD TÉCNICA
PARTICULAR DE LOJA**
La Universidad Católica de Loja

REVISADO
ING. JORGE LUIS JARAMILLO PACHECO

TESISTA
ALFONSO JAVIER OCHOA MUÑOZ
SERGIO ANDRÉ VALAREZO RAMIREZ

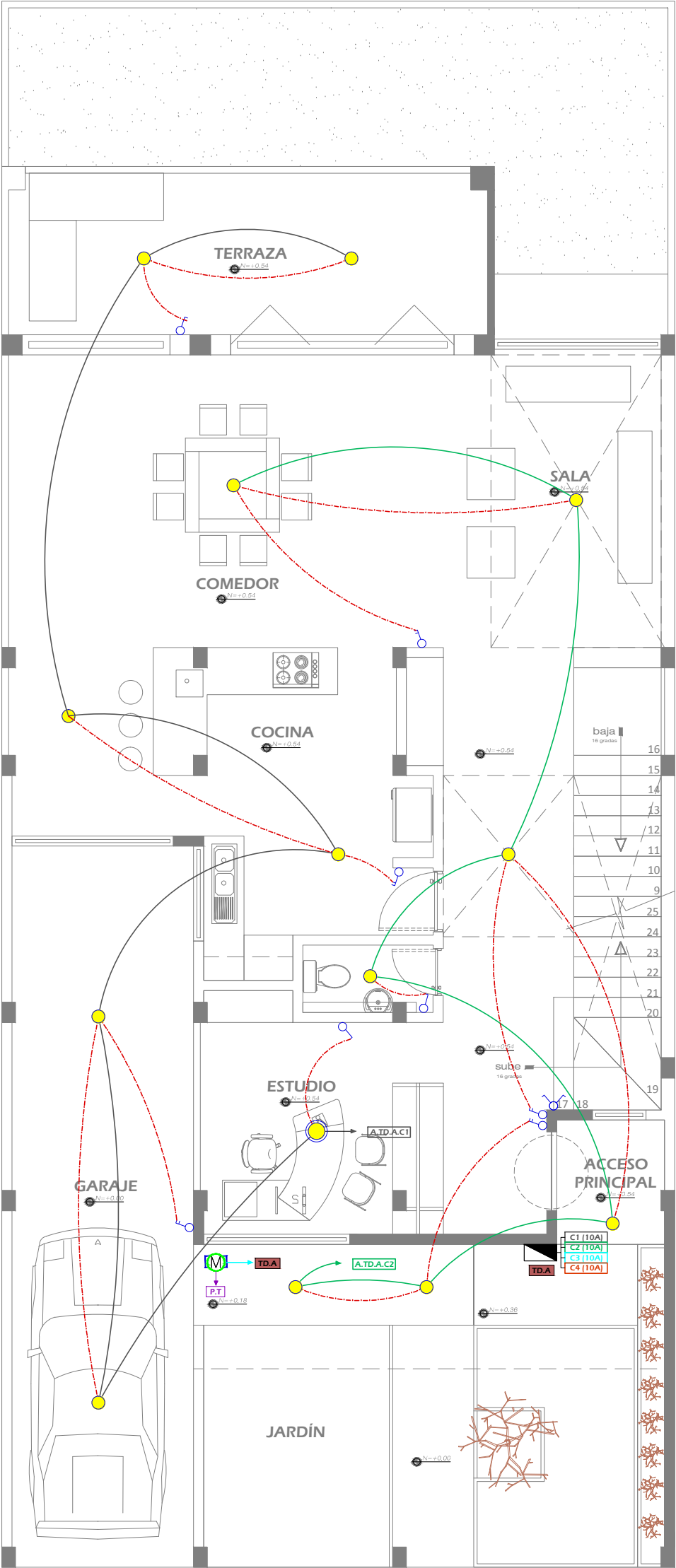
CONTENIDO:
- FACHADA FRONTAL
- FACHADA POSTERIOR

ESCALA
1 : 75

PLANOS ARQUITECTÓNICOS
ARG. RAMIRO CORREA

FECHA
ABRIL 2015

LAMINA
3 / 6



SIMBOLOGIA ELECTRICA	
	ILUMINACIÓN NATURAL TRAGALUCES TUBULARES
	ILUMINACIÓN ARTIFICIAL LED
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	CONMUTADOR
	MEDIDOR DE LUZ
	TABLERO DE DISTRIBUC. GENERAL
	RED LUMINARIAS 2xN12 TW Ø ½"
	RED INTERRUPTORES 2xN14 TW Ø ½"
	CISTERNA

TITULO
" DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA URBANA TIPO EN LA CIUDAD DE LOJA "



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

REVISADO
ING. JORGE LUIS JARAMILLO PACHECO

TESISTA
ALFONSO JAVIER OCHOA MUÑOZ
SERGIO ANDRÉ VALAREZO RAMÍREZ

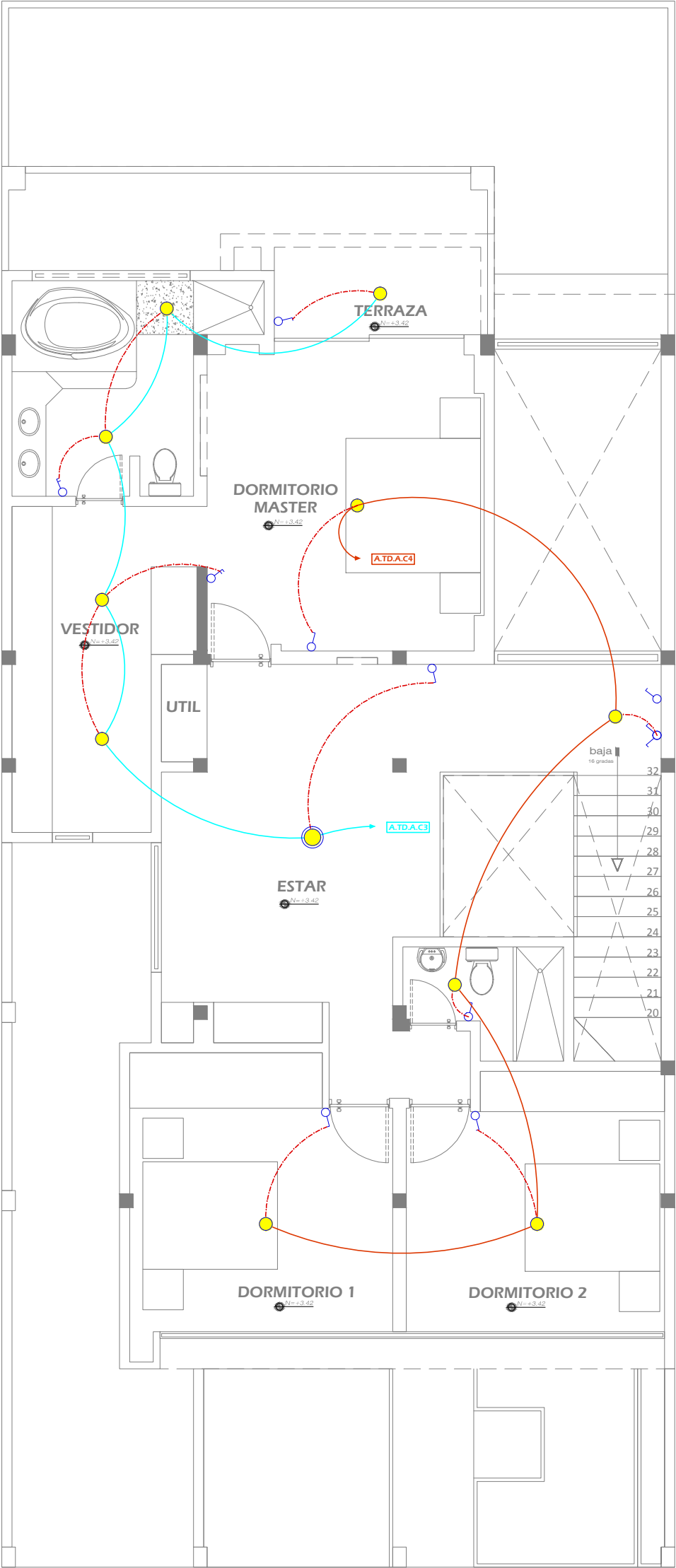
CONTENIDO:
- DIAGRAMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DE LA PLANTA BAJA DE LA VIVIENDA

ESCALA
1 : 75

PLANOS ARQUITECTÓNICOS
ARQ. RAMIRO CORREA

FECHA
ABRIL 2015

LAMINA
4 / 6



SIMBOLOGIA ELECTRICA	
	ILUMINACIÓN NATURAL TRAGALUCES TUBULARES
	ILUMINACIÓN ARTIFICIAL LED
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	CONMUTADOR
	MEDIDOR DE LUZ
	TABLERO DE DISTRIBUC. GENERAL
	RED LUMINARIAS 2xN12 TW Ø ½"
	RED INTERRUPTORES 2xN14 TW Ø ½"
	CISTERNA

TITULO
" DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA URBANA TIPO EN LA CIUDAD DE LOJA "



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

REVISADO
ING. JORGE LUIS JARAMILLO PACHECO

TESISTA
ALFONSO JAVIER OCHOA MUÑOZ
SERGIO ANDRÉ VALAREZO RAMÍREZ

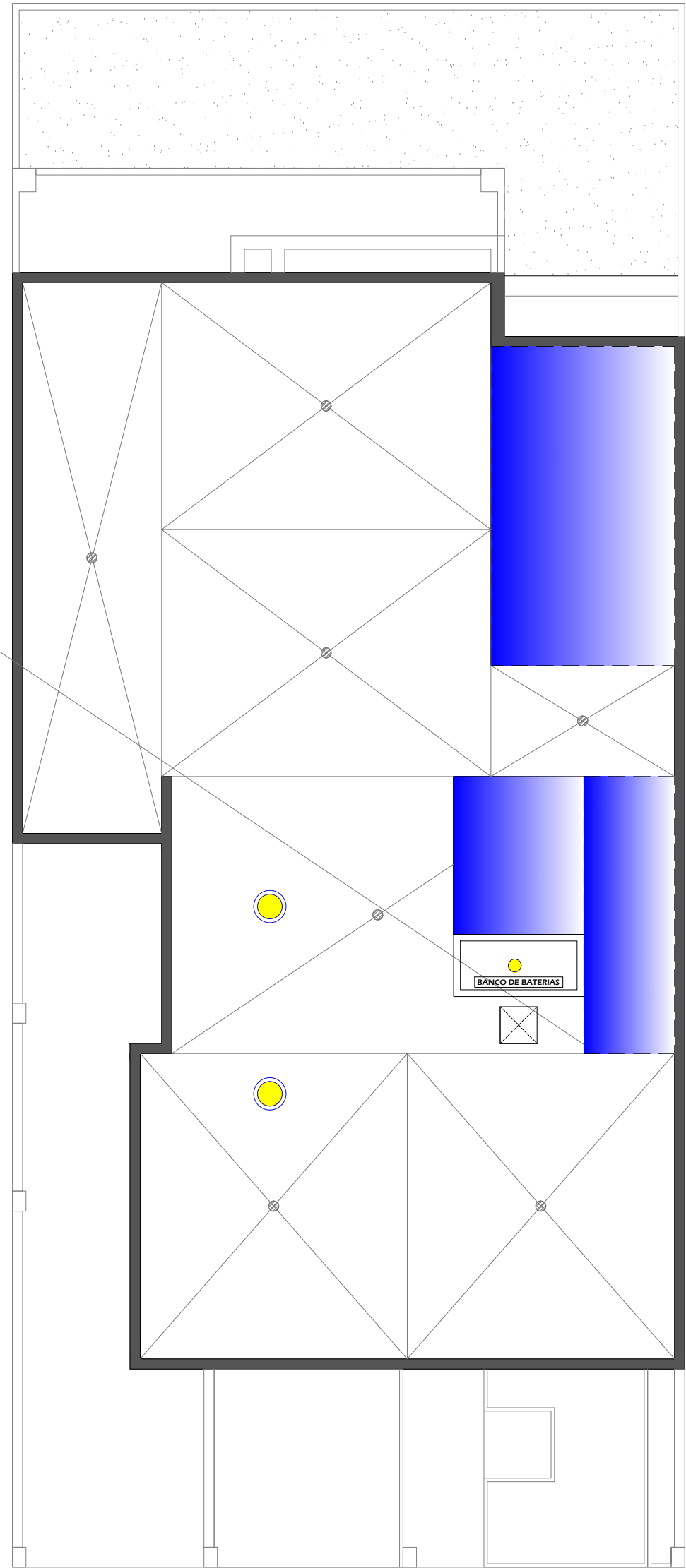
CONTENIDO:
- DIAGRAMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DE LA PLANTA ALTA DE LA VIVIENDA

ESCALA
1 : 75

PLANOS ARQUITECTÓNICOS
ARQ. RAMIRO CORREA

FECHA
ABRIL 2015

LAMINA
5 / 6



SIMBOLOGIA ELECTRICA	
	ILUMINACIÓN NATURAL TRAGALUCES TUBULARES
	ILUMINACIÓN ARTIFICIAL LED
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	CONMUTADOR
	MEDIDOR DE LUZ
	TABLERO DE DISTRIBUC. GENERAL
	RED LUMINARIAS 2xN12 TW Ø ½"
	RED INTERRUPTORES 2xN14 TW Ø ½"
	CISTERNA



PLANTA DE CUBIERTAS

ESC 1 : 75

TITULO
" DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA URBANA TIPO EN LA CIUDAD DE LOJA "



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

REVISADO
ING. JORGE LUIS JARAMILLO PACHECO

TESISTA
ALFONSO JAVIER OCHOA MUÑOZ
SERGIO ANDRÉ VALAREZO RAMÍREZ

CONTENIDO:
- DIAGRAMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DE LA CUBIERTA DE LA VIVIENDA

ESCALA
1 : 75

PLANOS ARQUITECTÓNICOS
ARQ. RAMIRO CORREA

FECHA
ABRIL 2015

LAMINA
6 / 6

SIMBOLOGÍA

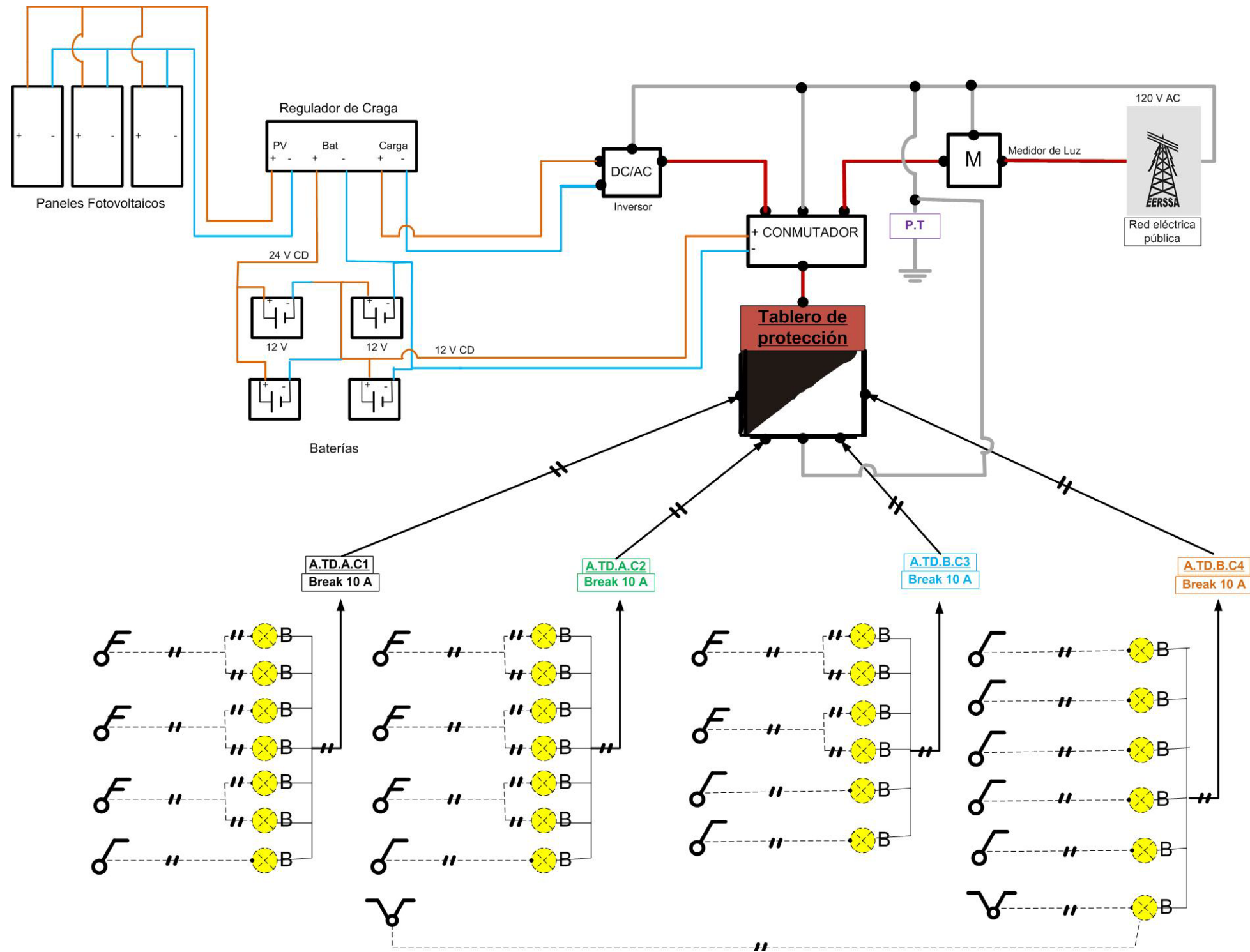


ETIQUETAS

TD.A	Tablero de Distribución A
A.TD.A.C1	Hacia el Tablero de Distribución A, Caja 1
A.TD.A.C2	Hacia el Tablero de Distribución A, Caja 2
C1 (10 A) C2 (10 A)	Caja 1 y Caja 2 (2 Breaks de 10 A)
A.TD.B.C3	Hacia el Tablero de Distribución B, Caja 3
A.TD.B.C4	Hacia el Tablero de Distribución B, Caja 4
C3 (10 A) C4 (10 A)	Caja 3 y Caja 4 (2 Breaks de 10 A)
P.T	Puesta a Tierra

Línea Monofásica

AWG 14	+	—
AWG 10	+	—
AWG 8	+	—



TÍTULO
" DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA UNA VIVIENDA URBANA TIPO EN LA CIUDAD DE LOJA "



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

REVISADO
ING. JORGE LUIS JARAMILLO PACHECO

TESISTA
ALFONSO JAVIER OCHOA MUÑOZ
SERGIO ANDRÉ VALAREZO RAMÍREZ

CONTENIDO:
- DIAGRAMA ELÉCTRICO

ESCALA
GRÁFICA

FECHA
ABRIL 2015

PLANOS ARQUITECTÓNICOS
ARG. RAMIRO CORREA

LÁMINA
1/1