

**INCORPORACIÓN FOTOVOLTAICA Y ESTRATEGIAS
PASIVAS PARA LOGRAR MÁXIMO APROVISIONAMIENTO
Y ALTO ESTÁNDAR ENERGÉTICO EN CLIMA
TROPICAL ECUATORIAL**

**Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Arquitecto**

AUTORES

Daniela Elizabeth Montalvo Parrales
Jhonatan Patricio Calle Loza

DIRECTOR

Arq. PhD. Esteban Felipe Zalamea León

Cuenca - Ecuador
2022





UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera de Arquitectura

**“INCORPORACIÓN FOTOVOLTAICA Y ESTRATEGIAS PASIVAS PARA LOGRAR MÁXIMO
APROVISIONAMIENTO Y ALTO ESTÁNDAR ENERGÉTICO EN CLIMA TROPICAL ECUATORIAL”**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Arquitecto

AUTORES

Daniela Elizabeth Montalvo Parrales
CI: 1312564790
danieliz_9652@hotmail.com

Jhonatan Patricio Calle Loza
CI: 1400436992
jhonitasjc1204@gmail.com

DIRECTOR

Arq. PhD. Esteban Felipe Zalamea León
CI: 0102125952
estebanzalamea@ucuenca.edu.ec

Cuenca - Ecuador
1 de febrero de 2022



La presente investigación parte de la alta demanda energética constante que requiere una vivienda unifamiliar emplazada en clima tropical ecuatorial para sustentar los consumos eléctricos habituales y alcanzar el confort térmico en su interior.

Para ello, se revisó una serie de bibliografías y se realizó un levantamiento de información en sitio, así como también la recopilación digital de las planillas del consumo eléctrico.

Una vez caracterizada la vivienda y su entorno, se plantea una propuesta de rediseño similar al caso de estudio manteniendo su emplazamiento. Sumado a ello, se aplican estrategias pasivas de diseño en busca del estándar Net Zero como ventilación cruzada, cubierta y fachada ventilada, patio interior y protecciones contra la radiación solar.

Posteriormente, a través de herramientas informáticas como DesignBuilder y Ecotec, se proceden a realizar los análisis bioclimáticos del caso de estudio complementado con los datos reflejados en las planillas eléctricas de la vivienda unifamiliar en dos periodos: mensual y anual correspondiente a la etapa de pre-pandemia y pandemia actual para luego realizar

las mismas simulaciones bioclimáticas en el rediseño, demostrando un cambio significativo lo cual se refleja en la reducción del consumo energético comparado a la demanda que genera la vivienda existente.

Con los resultados antes mencionados, se calculó mediante la herramienta System Advisor Model (SAM) que, para abastecer el consumo base del rediseño se requiere un total de 9 paneles PV (estándar Net Zero). Sin embargo, debido al área disponible en la cubierta, se propone el estándar Plus Energy House con 18 paneles, los cuales abastecen adicionalmente la demanda que genera un vehículo eléctrico y dos scooter. Finalmente, en busca de alcanzar el estándar Plus Energy House máximo se instalan 22 paneles PV, cubriendo así la capacidad máxima de la cubierta y disminuyendo la dependencia de recursos fósiles.

Palabras claves:

Vivienda unifamiliar. Portoviejo. Estrategias pasivas. Estrategias activas. BIPV. PV. Energía renovable. Energía solar.

RESUMEN



This research is based on the constant high energy demand that a single-family home located in a tropical equatorial climate requires to sustain the usual electrical consumptions and achieve interior thermal comfort.

To perform this study, a series of bibliographies were reviewed and a survey of information was carried out onsite; additionally, a digital review of the electrical grids was performed.

Once the house and its surroundings had been defined, a redesign proposal was put forward, maintaining the location. In search of the Net Zero standard, passive design strategies were applied, including cross ventilation, a ventilated roof and facade, an indoor courtyard, and solar radiation protections.

Subsequently, through computer tools such as DesignBuilder and Ecotec, bioclimatic analyses were carried out, supplemented with the data reflected in the electrical grids of the single-family home in two periods: monthly and annually, corresponding to pre-pandemic conditions and the current pandemic stage. These tools served to replicate the same bioclimatic simulations in the redesign and

demonstrated a significant change; this was reflected by the reduction of energy consumption compared to the demand generated by the existing home.

With the aforementioned results, and by using the System Advisor Model (SAM) tool, in order to supply the base consumption of the redesign, a total of 9 PV panels (Net Zero standard) are required. However, due to the available area on the roof, the Plus Energy House standard of 18 panels were proposed, which would supply enough additional energy to power an electric vehicle and two scooters. In order to reach the maximum Plus Energy House standard, 22 PV panels would be installed, which would cover the maximum capacity of the roof and reduce dependence on fossil resources.

Keywords:

Single-family house. Portoviejo. Passive strategies. Active strategies. BIPV. PV. Renewable energy. Solar energy.

ABSTRACT

00

CAPÍTULO 01

CAPÍTULO 02

Resumen	05
Abstract	06
Índice de imágenes y de tablas	09
Abreviaturas	13
Cláusula de licencia y autorización para la publicación en el Repositorio Institucional	14
Cláusula de Propiedad Intelectual	16
Dedicatoria	18
Agradecimientos	19
Introducción	21

1.1 Problemática	27
1.2 Lugar de estudio	29
1.2.1 Análisis bioclimático de la ciudad de emplazamiento	30
1.3 Hipótesis	32
1.4 Objetivos	33
1.4.1 Objetivo General	33
1.4.2 Objetivos Específicos	33
1.5 Metodología	34
1.5.1 Diseño de la investigación	35
1.5.2 Enfoque de la investigación	35
1.5.3 Tipo de investigación	35
1.5.4 Alcance	35
1.5.5 Plan de análisis y resultados	35

Introducción	41
2.1 Normativas nacionales en materia de energías alternativas	42
2.2 Estrategias pasivas y activas de diseño en clima tropical ecuatorial	44
2.2.1 Estrategias pasivas de diseño en zona climática húmeda muy calurosa	45
2.2.2 Estrategias activas de diseño en zona climática húmeda muy calurosa	46
2.3 Sistema de captación solar activa PV	47
2.3.1 Componentes	47
2.3.2 Aplicación en la edificación	49
2.4 Criterios funcionales y estéticos de tecnología solar PV en arquitectura	49
2.4.1 Actualidad en el marco de la integración de sistemas PV	50
2.4.2 Tecnología solar PV en arquitectura	50
2.4.3 Integración arquitectónica	50
2.5 Antecedentes: Passive House, Net Zero y Plus Energy House	53
2.5.1 Antecedentes Passive House	53
2.5.2 Antecedentes Net Zero	53
2.5.3 Antecedentes Plus Energy House	54
2.6 Casos de estudio: Passive House y Net Zero	54
2.6.1 Passive House - Extensión de escuela secundaria en Dano, Cubierta ventilada	55
2.6.2 Net Zero - Energy House / Lifethings	56
2.6.3 Passive House - Hotel AC Sants Barcelona	58
2.6.4 Passive House - Edificio de vivienda para 4 amigos / Lussi + Partner AG + Lola Domenech	59

CAPÍTULO 03

Introducción	63
3.1 Fase de reconocimiento y caracterización de la vivienda	64
3.1.1 Selección y ubicación del caso de estudio	64
3.1.2 Levantamiento arquitectónico	65
3.2 Fase de rediseño en base a estrategias pasivas de acondicionamiento ambiental	66
3.2.1 Criterios pasivos de diseño	66
3.2.2 Propuesta de rediseño	67
3.2.3 Cubiertas con tecnología BIPV (Cubiertas ventiladas)	72

CAPÍTULO 04

Introducción	77
4.1 Análisis bioclimático y evaluación del confort térmico del caso de estudio	78
4.1.1 Análisis de soleamiento y estudio de sombras	79
4.1.2 Análisis de temperatura y humedad	81
4.1.3 Análisis del consumo energético	85
4.1.4 Análisis de iluminación	92
4.2 Análisis bioclimático y evaluación de confort térmico de la propuesta de rediseño	93
4.2.1 Análisis de soleamiento y estudio de sombras	93
4.2.2 Análisis de temperatura y humedad	95
4.2.3 Análisis del consumo energético	98
4.2.4 Análisis de iluminación	100
4.3 Rediseño de cubierta con tecnología BIPV	102
4.3.1 Paneles PV integrados en la cubierta (BIPV)	102
4.3.2 Fase de simulación del rendimiento PV (BIPV)	106
4.3.3 Análisis Financiero	117

CAPÍTULO 05

5.1 Conclusiones	125
5.2 Recomendaciones	126



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1: Proyecciones de la población mundial hasta 2100 según Naciones Unidas.....	27
Figura 1.2: Emisiones de CO2.....	28
Figura 1.3: Recurso energético disponible actualmente en el mundo.	28
Figura 1.4: Ubicación del caso de estudio.....	29
Figura 1.5: Sol, cielo parcialmente nublado y nublado, Portoviejo - Ecuador	30
Figura 1.6: Velocidad del viento, Portoviejo - Ecuador.....	30
Figura 1.7: Temperatura máxima y mínima promedio, Portoviejo – Ecuador	31
Figura 1.8: Precipitaciones, Portoviejo – Ecuador.....	31
Figura 1.9: DesignBuilder – Modelado caso de estudio.....	34
Figura 1.10: Autodesk Ecotect Analysis – Soleamiento del caso de estudio.....	34
Figura 1.11: GRAPHISOFT - ArchiCad 24.....	36
Figura 1.12: Autodesk Ecotect Analysis.....	36
Figura 1.13: DesignBuilder.....	36
Figura 1.14: SAM.....	36

CAPÍTULO 2

Figura 2.1: Normas sostenibles toman forma en Ecuador.....	41
Figura 2.2: Usar ventanas que maximicen el flujo del aire.....	45
Figura 2.3: Permitir la ventilación cruzada.....	45
Figura 2.4: Usar materiales de construcción de colores claros o materiales aislantes reflectantes especialmente en el techo.....	46
Figura 2.5: Electrodomésticos más eficientes para mayor eficiencia energética.....	46
Figura 2.6: Tipos de células más habituales de sílice: Monocristalinas y Policristalinas (lámina delgada).....	47
Figura 2.7: Paneles PV de células monocristalinas y policristalinas	48
Figura 2.8: Panel PV de 120 células monocristalinas.....	48
Figura 2.9: Inversor Fronius Primo.....	48
Figura 2.10: Esquema básico de un sistema PV conectado a la red eléctrica	49
Figura 2.11: Carlisle House en Massachusetts (1980).....	49
Figura 2.12: Volúmenes edificados con distinta proporción horizontal-vertical. En ocre intenso las superficies con mayor incidencia solar	50
Figura 2.13: Building Integrated Photovoltaics – BIPV.....	51
Figura 2.14: Cubierta ventilada (fría), con soporte resistente horizontal	51
Figura 2.15: Cubierta ventilada (fría), con soporte resistente inclinado	51
Figura 2.16: Colchón térmico en la cubierta ventilada.....	52



Figura 2.17: Cubiertas con superficies PV.....	52	Figura 2.35: Hotel AC Sants - Barcelona.....	58
Figura 2.18: Fachada ventilada.....	52	Figura 2.36: Sistema PF-ALU / PL.....	58
Figura 2.19: Passivhaus Boadilla del monte.....	53	Figura 2.37: Paneles colocados horizontalmente mediante dos juntas continuas.....	58
Figura 2.20: Estándar 90,1 de Ashrae para edificios netos de carbono cero.....	54	Figura 2.38: Edificio de viviendas para 4 amigos / Lussi + Partner AG + Lola Domenech.....	59
Figura 2.21: Passive House, Zero – Energy House.....	54	Figura 2.39: Extensión del área social.....	59
Figura 2.22: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso – Fachada sureste.....	55	Figura 2.40: Postigos plegables y deslizantes.....	59
Figura 2.23: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso – Planta única.....	55		
Figura 2.24: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso - Ventilación cruzada.....	55	CAPÍTULO 3	
Figura 2.25: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso - Ventilación cruzada.....	55	Figura 3.1: Cómo se construye una vivienda sana.....	63
Figura 2.26: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso – Estructura de la cubierta.....	56	Figura 3.2: Caso de estudio, Portoviejo – Ecuador.....	64
Figura 2.27: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso – Patio interior.....	56	Figura 3.3: Análisis del sitio.....	64
Figura 2.28: Net Zero Energy House / Lifethings.....	56	Figura 3.4: Caso de estudio – Planta Baja.....	65
Figura 2.29: Carta solar y vientos predominantes.....	56	Figura 3.5: Caso de estudio – Planta Alta.....	65
Figura 2.30: Incidencia solar en planos de la cubierta.....	57	Figura 3.6: Caso de estudio – Modelado 3D en ArchiCad.....	66
Figura 2.31: Instalación de paneles PV y colectores solares en cubiertas inclinadas.....	57	Figura 3.7: Caso de estudio – Render 3D en Lumion.....	66
Figura 2.32: Ventilación cruzada.....	57	Figura 3.8: Caso de estudio – Ubicación.....	67
Figura 2.33: Estudio.....	57	Figura 3.9: Propuesta de rediseño - Planta baja.....	68
Figura 2.34: Espacio multifunción.....	57	Figura 3.10: Propuesta de rediseño – Planta alta.....	68
		Figura 3.11: Propuesta de rediseño - Sección longitudinal S – 01.....	69
		Figura 3.12: Propuesta de rediseño - Sección transversal S – 02.....	70
		Figura 3.13: Detalle constructivo 01 de fachada y cubierta ventilada.....	70
		Figura 3.14: Propuesta de rediseño – Tipología continua.....	71



Figura 3.15: Propuesta de rediseño - Vista frontal.....71

Figura 3.16: Propuesta de rediseño - Perspectiva aérea.....72

Figura 3.17: Propuesta de rediseño - Perspectiva aérea.....72

Figura 3.18: Propuesta de rediseño – Cubierta ventilada.....72

Figura 3.19: Propuesta de rediseño - Planta de cubierta.....72

Figura 3.20: Propuesta de rediseño - Perspectiva aérea de la cubierta.....73

CAPÍTULO 4

Figura 4.1: Diseño de una casa solar pasiva habitable.....77

Figura 4.2: Representación de sombras - Solsticio de verano 21 de junio (planta y 3D).....80

Figura 4.3: Representación de sombras - Solsticio de invierno 21 de diciembre (planta y 3D)80

Figura 4.4: Consumo existente vs consumo total 2020.....89

Figura 4.5: Representación de sombras - Solsticio de verano 21 de junio (planta y 3D).....94

Figura 4.6: Representación de sombras - Solsticio de invierno 21 de diciembre (planta y 3D)94

Figura 4.7: Panel Honey^M Framed 120 Layout – Vista frontal.....102

Figura 4.8: Panel Honey^M Framed 120 Layout – Vista posterior.....102

Figura 4.9 Integración de paneles PV y módulos dummy en la cubierta...103

Figura 4.10 Estructura del sistema PV – Sección longitudinal.....104

Figura 4.11: Estructura del sistema PV - Perspectiva.....104

Figura 4.12: Anclaje entre el perfil G y el de aluminio - Frontal105

Figura 4.13: Anclaje entre el perfil G y el de aluminio – Lateral.....105

Figura 4.14: Anclaje entre el perfil G y el de aluminio - Perspectiva.....105

Figura 4.15 Unión entre paneles PV.....105

Figura 4.16: Unión entre paneles PV – Perspectiva.....105

Figura 4.17: ABB: UNO-DM-3.8-TL-PLUS-US-SB-RA.....106

Figura 4.18: Planta de cubierta consumo base – Ubicación y distribución de paneles PV.....107

Figura 4.19: Planta de cubierta – Consumo base.....107

Figura 4.20: Consumo base y producción del sistema propuesto.....108

Figura 4.21: The SunPower SPR-6501f-1.....109

Figura 4.22: Planta de cubierta demanda máxima – Ubicación y distribución de paneles PV.....110

Figura 4.23: Planta de cubierta – Demanda máxima.....110

Figura 4.24: Demanda máxima y producción del sistema propuesto.....112

Figura 4.25: SUNNY BOY 8000-US.....113

Figura 4.26: Planta de cubierta producción máxima factible – Ubicación y distribución de paneles PV.....114

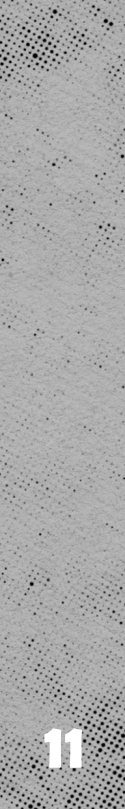
Figura 4.27: Planta de cubierta – Producción máxima factible.....114

Figura 4.28: Detalle del bajante de aguas lluvias en el patio interior.....114

Figura 4.29: Período de amortización – Consumo base.....119

Figura 4.30: Período de amortización – Demanda máxima.....120

Figura 4.31: Período de amortización – Producción máxima factible.....121





ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1: Definición de Zonas Climáticas de las capitales de provincias del Ecuador (Región Costa)..... 44

Tabla 2.2: Estrategias de diseño pasivo.....44

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1: Número aconsejable de renovaciones en locales tipo.....81

Tabla 4.2: Rangos de temperatura y confort térmico.....81

Tabla 4.3: Resultados del análisis de temperatura y humedad – Planta baja.....82

Tabla 4.4: Resultados del análisis de temperatura y humedad – Planta alta.....83

Tabla 4.5: Consumo eléctrico anual del caso de estudio.....86

Tabla 4.6: Consumo eléctrico anual del caso de estudio sin subsidio.....87

Tabla 4.7: Demanda GLP del caso de estudio87

Tabla 4.8: Análisis comparativo entre la cocina tradicional vs la cocina eléctrica de inducción.....88

Tabla 4.9: Resultados del análisis del consumo energético anual.....91

Tabla 4.10: Niveles recomendados de iluminación al interior de la vivienda.....92

Tabla 4.11: Resultados del análisis de iluminación natural – Planta baja...92

Tabla 4.12: Resultados del análisis de iluminación natural – Planta alta....92

Tabla 4.13: Resultados del análisis de temperatura y humedad – Planta baja.....95

Tabla 4.14: Resultados del análisis de temperatura y humedad – Planta alta.....96

Tabla 4.15: Resultados del análisis del consumo energético anual.....99

Tabla 4.16: Resultados del análisis de iluminación natural – Planta baja 100

Tabla 4.17: Resultados del análisis de iluminación natural – Planta alta..101

Tabla 4.18: Tabla resumen de análisis bioclimáticos.....101

Tabla 4.19: Análisis del consumo base y producción de energía.....107

Tabla 4.20: Análisis de la demanda máxima y producción de energía.....111

Tabla 4.21: Análisis de la producción máxima factible de energía.....115

Tabla 4.22: Resultados del abastecimiento PV para el consumo base.....116

Tabla 4.23: Resultados del abastecimiento PV para la demanda máxima.....116

Tabla 4.24: Resultados del abastecimiento PV para la producción máxima factible.....116

Tabla 4.25: Costos de inversión de tecnología BIPV.....118

Tabla 4.26: Costos de inversión de módulos dummy.....118

Tabla 4.27: Tabla de amortización – Consumo base.....119

Tabla 4.28: Tabla de amortización – Demanda máxima.....120

Tabla 4.29: Tabla de amortización – Producción máxima factible.....121



ABREVIATURAS

AC	Corriente Alterna	INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad	INER	Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables
BIPV	Building Integrated Photovoltaics	IRENA	Agencia Internacional de Energía Renovable
CELEC	Corporación Eléctrica del Ecuador	MCPEC	Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad
CFD	Computational Fluid Dynamics	MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
CNEL EP	Corporación Nacional de Electricidad	NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
CO ₂	Dióxido de Carbono	NZEB	Net Zero Energy Building
COP	Coefficiente de Rendimiento	ONU	Organización de las Naciones Unidas
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad	PV	Fotovoltaico
COVID-19	Coronavirus	SAM	System Advisor Model
CTE	Código Técnico de la Edificación	TIR	Tasa Interna de Retorno
CVP	Censo de Población y Vivienda	WORLDGBC	World Green Building Council
DESC	Derechos Económicos, Sociales y Culturales	VAN	Valor Actual Neto
DOE	Departamento de Energía de los Estados Unidos	VE	Vehículo Eléctrico
GLP	Gas Licuado de Petróleo		
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología		



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Jhonatan Patricio Calle Loza, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “INCORPORACIÓN FOTOVOLTAICA Y ESTRATEGIAS PASIVAS PARA LOGRAR MÁXIMO APROVISIONAMIENTO Y ALTO ESTÁNDAR ENERGÉTICO EN CLIMA TROPICAL ECUATORIAL”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 1 de febrero de 2022

Jhonatan Patricio Calle Loza

C.I.: 1400436992



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Daniela Elizabeth Montalvo Parrales, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “INCORPORACIÓN FOTOVOLTAICA Y ESTRATEGIAS PASIVAS PARA LOGRAR MÁXIMO APROVISIONAMIENTO Y ALTO ESTÁNDAR ENERGÉTICO EN CLIMA TROPICAL ECUATORIAL”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 1 de febrero de 2022

Daniela Elizabeth Montalvo Parrales

C.I.: 1312564790



Cláusula de Propiedad Intelectual

Jhonatan Patricio Calle Loza, autor del trabajo de titulación “INCORPORACIÓN FOTOVOLTAICA Y ESTRATEGIAS PASIVAS PARA LOGRAR MÁXIMO APROVISIONAMIENTO Y ALTO ESTÁNDAR ENERGÉTICO EN CLIMA TROPICAL ECUATORIAL”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 1 de febrero de 2022

Jhonatan Patricio Calle Loza

C.I.: 1400436992



Cláusula de Propiedad Intelectual

Daniela Elizabeth Montalvo Parrales, autora del trabajo de titulación “INCORPORACIÓN FOTOVOLTAICA Y ESTRATEGIAS PASIVAS PARA LOGRAR MÁXIMO APROVISIONAMIENTO Y ALTO ESTÁNDAR ENERGÉTICO EN CLIMA TROPICAL ECUATORIAL”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 1 de febrero de 2022

Daniela Elizabeth Montalvo Parrales

C.I.: 1312564790

En primer lugar, a Dios por brindarme la vida, la salud como la oportunidad, para poder vivir este momento y avanzar con un peldaño más en las metas que me he propuesto.

A mi mamá, Norma Loza Mora que incondicionalmente me ha apoyado en todos los aspectos de mi vida, ella, que nunca ha dudado de mí, que ha sido mi amiga y que siempre será un pilar fundamental en mi vida.

Agradezco a mi familia: Erick, Oswaldo, Emily y Andrea por apoyarme y entenderme, por ser parte de todo este trayecto, siempre amables y siempre atentos.

Finalmente, a una persona en especial que me motivó a ingresar en la Universidad, sin su apoyo y perseverancia todo esto hubiese sido fantasía, como también a mi compañera de tesis, Elizabeth Montalvo, por ser responsable, exigente y buena amiga al mismo tiempo, gracias por todo.

Jhonatan Calle

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este momento y hacer posible el cumplimiento de una de mis metas.

A mis padres Pablo y Lolita, por ser el pilar fundamental y el mayor apoyo en cada paso de mi vida, ellos, los grandes mentores y guías en mi crecimiento personal y profesional, seres que con su amor y consejo siguen haciendo de mí una mejor persona y quienes incondicionalmente han estado a mi lado en todo este trayecto de mucho esfuerzo y desvelo. Los amo infinitamente.

A mis hermanos Pamela y Pablito, mis mejores amigos y más grandes cómplices, quienes me han apoyado en todo momento y animado a no rendirme jamás, aquellos que complementan mi vida y le brindan a ella un refugio de mucho amor y valentía. Los amo infinitamente.

A mis abuelitos Alfonso, Marina, Eugenio y Mariana, quienes con su amor, oraciones y consejos me han acompañado y alentado en cada una de mis metas.

Y finalmente a Jhonatan Calle, por ser ese amigo incondicional, acolitador y gran compañero en esta etapa académica. Gracias infinitas y muchos éxitos.

Elizabeth Montalvo

DEDICATORIA

“Para ser Arquitecto, tienes que ser dos cosas:
optimista y curioso.”

Norman Foster



Al culminar este trabajo de titulación, agradecemos especialmente a nuestro director el Arq. Esteban Zalamea por su guía, dedicación y apoyo a lo largo de este trayecto y grata experiencia

A nuestras familias y amigos, por estar siempre presente y brindarnos su cariño, consejo y apoyo incondicional.

Y a todas las personas que nos apoyaron en este proceso para la obtención de nuestro título profesional.

Muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

“El agradecimiento es la memoria del corazón.”

Lao Tsé



INTRODUCCIÓN

“Nos encontramos en un momento decisivo para afrontar con éxito el mayor desafío de nuestro tiempo: el cambio climático” (ONU, 2006).

La radiación solar que llega a la Tierra, es la que ha permitido la existencia de la vida sobre la misma, e incluso gran parte de las fuentes de energía que hoy conocemos, se derivan directa o indirectamente de ella (Mora, 2011). En los países que se encuentran cercanos de la línea ecuatorial, su clima es poco variable en el transcurso de un año; en consecuencia, mientras más cerca al ecuador terrestre y a mayor altura, la oscilación de irradiación resulta más alta influenciado por los niveles de nubosidad (Zalamea & Barragán, 2021).

En 1839, E. Becquerel accidentalmente descubre en Francia el efecto fotovoltaico (PV), cuyo estudio no se profundiza por la baja potencia registrada y falta de utilidad práctica. Posteriormente, la aplicación PV se desarrolla inicialmente como opción para energizar naves espaciales y consecutivamente para requerimientos eléctricos en zonas remotas alejadas de redes, a las que llevar combustibles para generadores también resultaba complejo.

A finales de los años 70, el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) financia investigaciones respecto de las posibilidades de crecimiento y utilidad de la tecnología para usos cotidianos, observando desde el inicio que se trata de una alternativa que hace viable la independencia de electricidad. Con esta tecnología, es factible reducir el consumo de edificaciones, disminuyendo la necesidad de importaciones energéticas.

De acuerdo a Statistical Review of World Energy 2020 determina que, el 84,3% de la generación eléctrica provienen de fuentes fósiles, el 4,3% de fuentes nucleares, el 6,4% de fuentes hídricas y el 5% de fuentes renovables (Looney, 2020).

Como dato relevante, la capacidad solar mundial conectada a la red alcanzó los 580,1 GW a finales de 2019, junto con 3,4 GW de PV aislada. De igual forma cabe recalcar que, “la capacidad total instalada de energías renovables alcanzó la importante cifra de 2 563,8 GW, siendo la energía hidráulica y la eólica las fuentes más notables con 1 310,2 GW y 622,7 GW respectivamente”. En cuanto a la

capacidad PV actualmente instalada a la red en América Latina, supera los 13 GW, siendo Brasil y Chile los mayores mercados de Sudamérica con 2,4 GW y 2,6 GW (Bellini, 2020).

Por consiguiente, los paneles PV son de fácil instalación y mantenimiento capaces de producir energía limpia y renovable, representando hasta diciembre de 2018 para el Ecuador el 0,51% equivalente a 26,74 MW de la potencia efectiva en generación de energía eléctrica a diferencia del 96,35% equivalente a 5 041 MV proveniente de fuentes de energía hidráulica (Ministerio de Energía y Recursos Renovables, 2020).

Su proceso evolutivo parte del primer prototipo residencial en 1980, Massachussets, con la instalación de placas PV en la cubierta. Este sistema se ha ido desarrollando y mejorando a lo largo de los años, aumentando su demanda y, en consecuencia, reduciendo los costos de producción e instalación (Zalamea & Barragán, 2021).

Las necesidades en las viviendas implican consumos energéticos constantes, cuya demanda se puede reducir mediante el uso de estrategias pasivas. Sin embargo, con el estándar energético Net Zero aplicado a edificios residenciales, industriales y comerciales, tanto en las nuevas construcciones

como en los edificios existentes, permiten lograr un consumo de energía neta cercana a cero en un año típico al aplicar tecnologías de autoaprovisionamiento. En otras palabras, esta energía se obtiene del propio edificio mediante fuentes renovables que deberá ser igual a la energía demandada por el mismo en el balance anual. Bajo este esquema, se busca generar iniciativas políticas y normatividad energética que permitan tener un modelo de vivienda eficiente, reduzca las emisiones, integre energías renovables, y proteja al medio ambiente; además, de repercutir en la calidad de vida del usuario y en el benefactor económico (INAMHI, 2018).

En complemento a lo mencionado, emplear estrategias pasivas permite optimizar el uso de energía y garantizar las condiciones ambientales al interior de las viviendas reduciendo el consumo. Esto ha sido posible mediante la investigación de los diferentes componentes que se pueden aprovechar para reducir consumos en las viviendas, utilizando y optimizando las condiciones del entorno. Debido a las condiciones climáticas, la aplicación de sistemas de aislamiento térmico en la envolvente de las edificaciones puede generar un ambiente interno habitable, reduciendo incluso el uso de sistemas de climatización para obtener un resultado similar.

Es importante mencionar que, un objetivo del presente trabajo de titulación consiste en utilizar el sistema de cubierta ventilada puesto que, la investigación previa desarrollada ha demostrado que el uso de este sistema es capaz de brindar aportes significativos en la disminución de la humedad y temperatura interior de una edificación emplazada en zona climática húmeda muy calurosa.

Por otra parte, la capacidad de un sistema PV para generar energía en su máximo rendimiento se ve condicionada por la latitud de la ciudad en estudio, lo que define los valores medios anuales y mensuales de electricidad PV; es así que para Portoviejo, la salida de potencia PV es de 1 233,70 kWh/kWp por año en comparación a otras ciudades como Kano – Nigeria, que posee una capacidad de 1 694,30 kWh/kWp por año o Calama – Chile, que posee una capacidad de 2 229,00 kWh/kWp por año, demostrando así que existen otras ciudades a nivel mundial con mayor potencial debido también a su nubosidad (Global Solar Atlas, 2021).

Con el fin de caracterizar a grandes rasgos un país como potencial importador o exportador energético, es común utilizar el indicador del grado de autoabastecimiento para mostrar qué porcentaje de la energía requerida por la región proviene de recursos propios (Recalde, 2012).



Como es de conocimiento general, el suministro energético a partir de energías fósiles constituye uno de los principales problemas causantes del calentamiento global, debido a la producción de CO₂ (Dióxido de Carbono) y partículas contaminantes que dañan la salud y al entorno físico.

Si bien, las formas de vida contemporáneas exigen de manera imperiosa el uso de energía para su subsistencia, la dinámica de las llamadas energías renovables se presentan como una óptima alternativa ecológica que vela por el cuidado del planeta a partir del uso e instalación de paneles PV para promover el autoabastecimiento sostenible en edificaciones.

Según Roca (2018) para el año 2050, se espera a nivel mundial que el 80% de la matriz energética provenga de fuentes renovables. Esta propuesta de captación solar beneficia tanto al usuario como a su entorno, promoviendo ciudades sustentables mediante estrategias activas y pasivas.

El presente trabajo de tesis se desarrolla en la región Costa del Ecuador, caracterizada por su cercanía al nivel del mar y por pertenecer a la zona climática húmeda muy calurosa, razón por la cual presenta una radiación solar estable durante todo el año. Como consecuencia, estas

condiciones derivan altas demandas energéticas constantes principalmente por refrigeración, representando un promedio de 142,6 kW por hogar según el dato proporcionado en el 2012 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2012); siendo importante diseñar edificaciones con estrategias pasivas que procuren minorizar el consumo excesivo de energía en busca del confort interno de la vivienda.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 1





CONTENIDOS

Problemática

Lugar de estudio

Hipótesis

Objetivos

Metodología

1.1 PROBLEMÁTICA

El crecimiento poblacional como se observa en la Figura 1.1, representa uno de los principales factores de incremento de consumo energético y con ello las necesidades habitacionales que aumentan de forma exponencial, produciendo altas demandas energéticas constantes y un uso desmedido de la misma para alcanzar el confort térmico en el interior de las edificaciones.

Población mundial

Población mundial proyectada hasta 2100

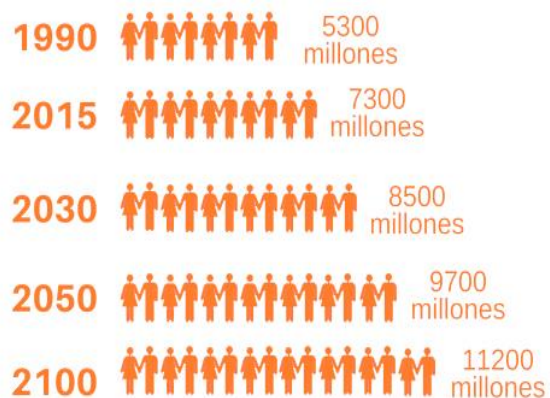


Figura 1.1: Proyecciones de la población mundial hasta 2100 según Naciones Unidas
Fuente: RTVE, 2019

Según la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), el valor por consumo de energía para el sector residencial varía entre 9 y 10 centavos de dólar por kWh hasta los 500 kWh/mes y 10,5 centavos de dólar por kWh por consumos que sobrepasen los 500 kWh/mes (ARCONEL, 2020).

Sin embargo, en la región Costa del Ecuador durante todo el año, los consumos superiores son usuales en viviendas con alta permanencia y especialmente en aquellas edificaciones cuya ventilación natural e iluminación son poco eficientes.

Por esta razón, el alto costo que produce el estilo de vida actual en esta región debido al elevado consumo de energía por refrigeración, iluminación, cocción de alimentos, aire acondicionado y otros, se refleja en el gasto de electricidad mensual fácilmente dependiendo de la estación del año (en invierno, de diciembre a mayo, el clima es cálido y lluvioso; y en verano, de junio a noviembre, la temporada es seca con temperaturas más frescas), afectando por ende la economía residencial principalmente en la época de invierno (CONELEC, 2013).

Hoy en día, situaciones como la emergencia sanitaria por la COVID-19 (Coronavirus), muestran una realidad en la que se evidencia el grado de vulnerabilidad y dependencia

energética detallado en la facturación alta y acumulada, lo cual ha acarreado un problema social y por ende la necesidad de un gasto considerable estatal para incrementar el subsidio eléctrico.

Por lo tanto, desde la actualidad, el incremento del consumo de energía es evidente dado el aumento en trabajo y educación desde la casa, lo cual se visualiza a futuro mantener en alguna medida una vez concluida la pandemia.

En cuanto a las energías renovables, han sido fuente de abastecimiento para la humanidad desde épocas antiguas. Sin embargo, con la revolución industrial en el siglo XIX, los hidrocarburos comenzaron a tomar liderazgo en la producción energética hasta la actualidad, aumentando las emisiones de CO₂ en la atmósfera del planeta (ver Figura 1.2).

EMISIONES DE CO2

En gigatoneladas al año e incremento anual en %



Figura 1.2: Emisiones de CO2
Fuente: Global Carbon Proyect, 2018

A partir de lo mencionado, las consecuencias derivadas de la necesidad de importar energía y sobre todo de fuentes fósiles son: Agotamiento de los combustibles fósiles, alteración del efecto invernadero, lluvia ácida, conflictos bélicos, desequilibrios sociales, eliminación de las emisiones atmosféricas locales, entre otros (Twenergy, 2019).

A pesar de los efectos negativos que traen consigo el uso de fuentes fósiles para la generación de electricidad y abastecimiento residencial, estos combustibles seguirán formando parte del desarrollo social, económico y del sistema energético mundial durante las próximas décadas. Sin embargo, es necesario el ir reemplazando las fuentes tradicionales por fuentes limpias como la energía solar al ser un recurso inagotable y de gran magnitud, por ende, de mayor abastecimiento como se puede observar en la Figura 1.3.

La crisis que trae consigo este tipo de abuso a la naturaleza y los daños provocados al medio ambiente y a la humanidad, han potenciado a partir de las últimas décadas el desarrollo y la investigación de nuevas alternativas que aprovechen los recursos naturales como es el sol, el viento y el agua, hasta el punto de generar un mercado en constante progreso.

Entre otros beneficios que se obtienen al buscar alternativas energéticas renovables se pueden destacar: menor emisión de gases de efecto invernadero, fuentes de suministro inagotables, desarrollo sostenible, entre otros.

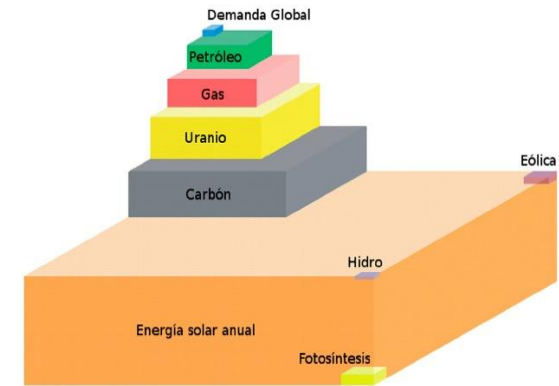


Figura 1.3: Recurso energético disponible actualmente en el mundo.
Fuente: Estrada, 2013

Todo lo antes mencionado deberá ser fortalecido por el apoyo de nuevas políticas públicas que de manera directa ejerzan influencia en las relaciones económicas, elevando los indicadores en el mercado mundial de las energías renovables.

1.2 LUGAR DE ESTUDIO

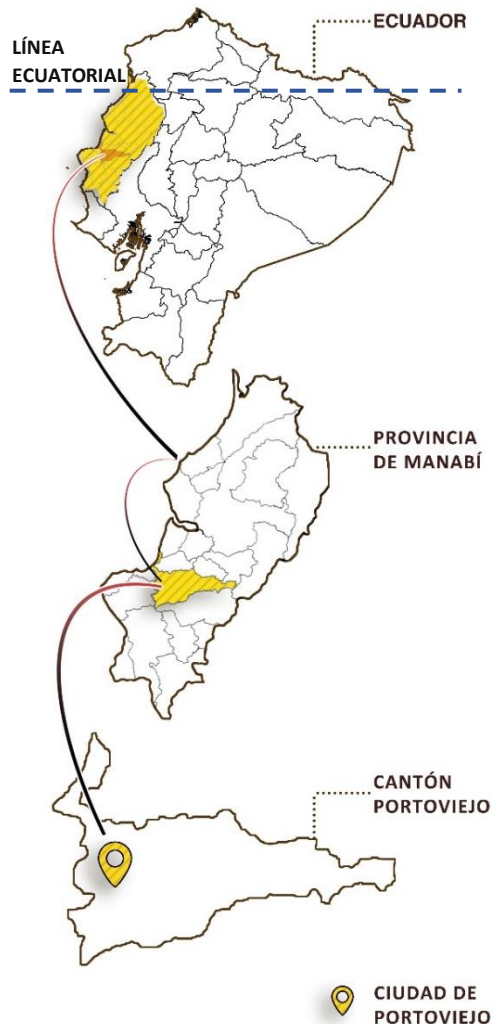


Figura 1.4: Ubicación del caso de estudio
Elaboración: propia

El cantón Portoviejo es la capital de la provincia de Manabí en la República del Ecuador, cuya población según análisis realizados por el INEC, en el 2001 era de 247 528 habitantes, en el 2010 de 223 086 habitantes y para la actualidad cuenta con 321 800 habitantes.

El proyecto se desarrolla en el clima de la ciudad de Portoviejo, también conocida como San Gregorio de Portoviejo y se encuentra localizada en la zona interior de la región Costa del Ecuador, lo que permitirá obtener datos suficientes para determinar su grado de viabilidad. En la región Costa del Ecuador actualmente se estima que viven 8 631 850 personas, todas ellas con un clima tropical ecuatorial lo que implica constante necesidad de energía por consumos para refrigeración (Satatista, 2020).

Portoviejo es la segunda urbe más poblada de la provincia de Manabí después de Manta y la octava del Ecuador, motivo que ha ocasionado el incremento de la urbanización, así como de la demanda de bienes y servicios.

A raíz del terremoto de magnitud 7.8 acontecido el 16 de abril de 2016, por todos los problemas que se vivieron en el proceso de reconstrucción, la ciudad se encuentra reactivada, totalmente operativa y en varios aspectos en mejores condiciones que antes del

desastre. No obstante, esta actual forma de vida parte de un modelo energético centrado en abastecer las necesidades de confort sin considerar en gran medida los efectos negativos del creciente consumo eléctrico para la cada vez más exigente calidad de vida de los pobladores. Por lo tanto, a partir de esta investigación, se espera entregar posibilidades que permitan alcanzar viviendas con balance energético neutro.

La realización del presente estudio parte de la necesidad de buscar medidas para reducir el consumo energético. A partir de encuestas de consumo y simulaciones en softwares, se caracterizan requerimientos de ambientación, así como de capacidad PV, suficiente evidencia respecto al potencial que ofrece este suministro versus al tipo de fuente tradicional, a fin de producir energía eléctrica propia, limpia y renovable que brinden soluciones a las exigencias de deterioro ambiental y al alto costo de su consumo.

En síntesis, la problemática presentada nos direcciona a la siguiente interrogante: ¿Cómo disminuir la dependencia, el impacto antrópico y el elevado costo monetario y ambiental que producen las formas de vida contemporáneas al consumir altas cantidades de energía eléctrica convencional en la región tropical ecuatorial?

¿En qué medida se puede lograr autoabastecimiento energético en una vivienda confortable térmicamente?

1.2.1 ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE LA CIUDAD DE EMPLAZAMIENTO

Esta actividad se convierte en una fuente de información técnica que permite conocer detalladamente el comportamiento climatológico del sitio en donde se encuentra emplazado el caso de estudio, de tal forma que, las intervenciones en lo posterior sirvan de respuesta a la caracterización climática de la vivienda, beneficiando al medio ambiente y a las personas que la habitan (Noguera, 2016).

1.2.1.1 Análisis de soleamiento

Tomando en cuenta el cielo nublado y soleamiento, el gráfico que se muestra a continuación refleja el número mensual de los días de sol, en parte nublados y nublados, dando como resultados los siguientes: los días con menos del 20% cubiertos de nubes se consideran como días soleados siendo los meses de abril, junio, septiembre y noviembre, los días con 20% - 80% cubiertos de nubes se consideran como parcialmente nublados siendo los meses de enero a diciembre y los días con más del 80% cubiertos de nubes se consideran

como nublados correspondiente a los meses de enero a diciembre (ver Figura 1.5).

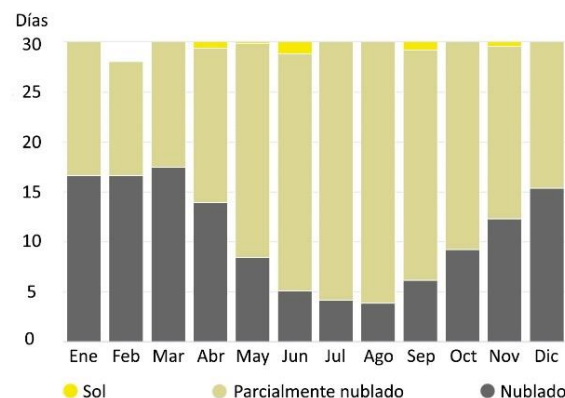


Figura 1.5: Sol, cielo parcialmente nublado y nublado, Portoviejo - Ecuador
Fuente: Meteoblue, 2021

1.2.1.2 Análisis de vientos

Los vientos predominantes llegan desde el Océano Pacífico, es decir, desde el oeste y en menor medida desde el sur. Tomando en cuenta la velocidad de los mismos, en el siguiente gráfico se muestran por rangos la velocidad que tienen los vientos dependiendo de los meses del año, teniendo como resultados los datos a continuación: > 1 km/h a finales de los meses de enero, febrero, marzo y abril, > 5 km/h en todos los meses del año, > 12 km/h en todos los meses del año, y > 19 km/h en los meses de enero, julio, agosto, septiembre,

octubre, noviembre y diciembre (ver Figura 1.6).

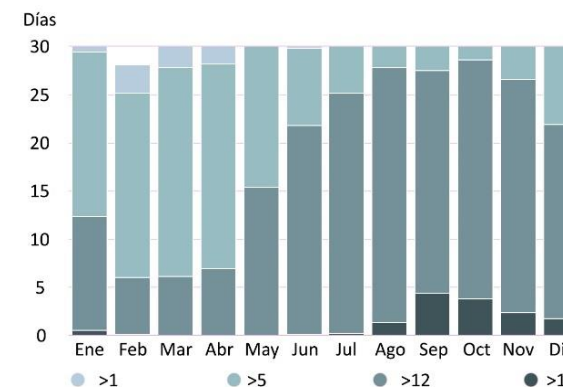


Figura 1.6: Velocidad del viento, Portoviejo - Ecuador
Fuente: Meteoblue, 2021

1.2.1.3 Análisis de temperaturas y precipitaciones

La temperatura media mínima y máxima por cada mes del año se presentan en la Figura 1.7, con línea azul y roja respectivamente, las cuales reflejan los meses más calientes que van de abril a mayo con una temperatura máxima de 31 °C y los meses más fríos que van de julio a septiembre con una temperatura mínima de 21 °C (Meteoblue, 2021). Cabe recalcar que, según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la temperatura máxima registrada hasta la fecha en la ciudad de

Portoviejo corresponde al 19 de abril de 2018 con 34,9 °C.

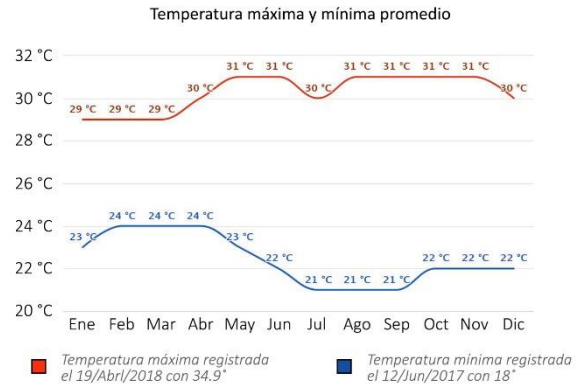


Figura 1.7: Temperatura máxima y mínima promedio, Portoviejo – Ecuador
 Fuente: Meteoblue, 2021

En cuanto a las precipitaciones, la época invernal alcanza sus picos más altos en los meses de enero, febrero y marzo con rangos de 152 mm a 195 mm; muy por el contrario, los meses de junio, julio y agosto con tan solo de 5 a 9 mm como rangos medios tal como se observa en la Figura 1.8 mediante el uso de barras celestes (Meteoblue, 2021).

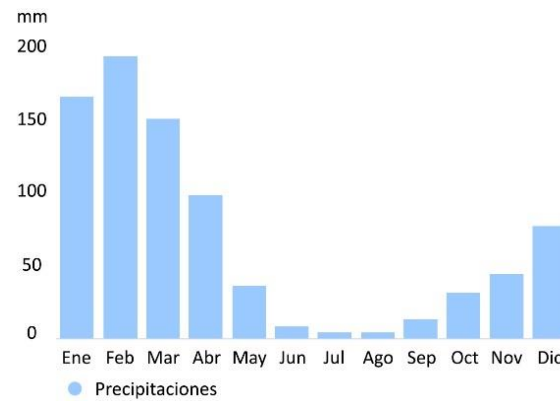


Figura 1.8: Precipitaciones, Portoviejo – Ecuador
 Fuente: Meteoblue, 2021



1.3 HIPÓTESIS

Con la aplicación de estrategias pasivas y la incorporación de paneles PV conjuntamente, se pueden aprovechar las condiciones climáticas y de irradiación a fin de obtener viviendas con alta eficiencia, alcanzando estándares energéticos Net Zero y Plus Energy House en un entorno ecuatorial-tropical.



1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar una vivienda unifamiliar ubicada en la región ecuatorial-tropical, para a partir de ello desarrollar una propuesta que alcance un consumo energético mínimo y así abastecer demandas propias urbanas, analizando la viabilidad económica del nuevo proyecto.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar una tipología de vivienda representativa en la ciudad de Portoviejo con un componente familiar de 4 personas para determinar las demandas energéticas y requerimientos por confort en período anual.
2. Proyectar una vivienda alternativa al caso base, planteando medidas con estrategias pasivas en relación al rendimiento energético de paneles PV mediante el uso de los softwares GRAPHISOFT ArchiCad, Autodesk Ecotect Analysis, DesignBuilder y SAM.
3. Considerar el diseño de una cubierta ventilada que incorpore sistema PV capaz de abastecer energéticamente la propuesta de rediseño.
4. Analizar los resultados y a partir de ello demostrar el grado de viabilidad técnica, sustentable y económica.



1.5 METODOLOGÍA

El proceso y desarrollo de la presente investigación, se basó en metodologías de recopilación de datos cuantitativos registrados en la Corporación Nacional de Electricidad de una vivienda unifamiliar en la urbanización “Arco iris”, así como de los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas mediante softwares como Autodesk Ecotect Analysis (Estudio de sombras), DesignBuilder (Análisis de temperatura y humedad, energético, lumínico y CFD) y SAM (Rendimiento PV). Gracias a ello, el trabajo efectuó las siguientes etapas:

- Revisión bibliográfica y de otras referencias relevantes, a fin de intentar dar una visión completa de la literatura para el tema de investigación. Con ello, también se pudo definir ciertos conceptos y ejemplos similares al trabajo a efectuar.
- Identificación y procesamiento de consumos energéticos con datos estadísticos correspondiente a los meses de octubre de 2019 a junio de 2021, proporcionados por la

Corporación Nacional de Electricidad gracias al medidor que posee la vivienda.

- Levantamiento arquitectónico del caso de estudio y propuesta de rediseño. A este último, se le aplicaron estrategias pasivas y activas con tecnología BIPV (Building Integrated Photovoltaics) disponible en el mercado nacional e internacional. Cabe recalcar que, este tipo de tecnología forma parte del sistema constructivo de la edificación con el fin de producir energía eléctrica.
- Análisis bioclimáticos y energéticos del caso de estudio y propuesta de rediseño a través de varios softwares especializados en el tema como Autodesk Ecotect Analysis y DesignBuilder.
- Evaluación del abastecimiento de paneles PV mediante el software SAM en base a los análisis bioclimáticos y energéticos previamente obtenidos.

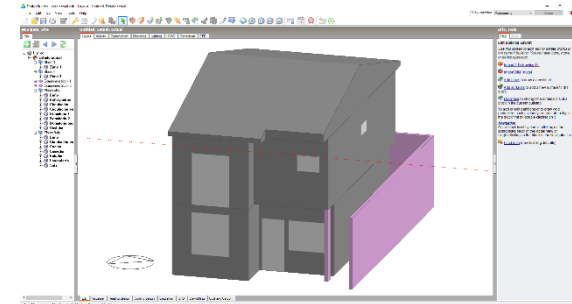


Figura 1.9: DesignBuilder – Modelado caso de estudio
Elaboración: propia

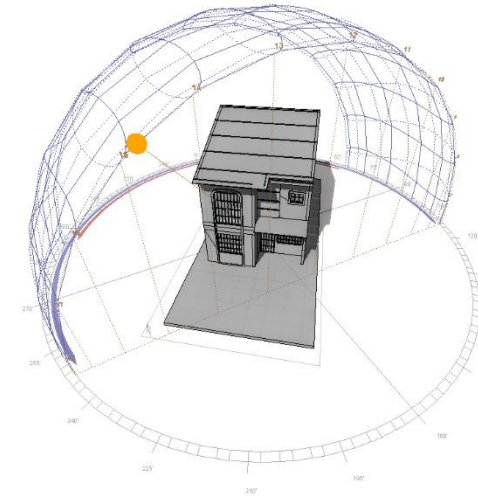


Figura 1.10: Autodesk Ecotect Analysis – Soleamiento del caso de estudio
Elaboración: propia



1.5.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Compara los resultados cuantitativos de estudios de sombras, temperatura interior de la edificación y consumo de energía para la vivienda existente y para la vivienda que se plantea como propuesta de reemplazo, las dos edificaciones si bien son similares en área de ocupación y utilización del suelo, son diferentes en diseño arquitectónico y aprovechamiento del entorno natural mediante estrategias pasivas, características que influyen directamente en las variables de temperatura interior y en el consumo de electricidad.

1.5.2 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación es únicamente cuantitativo. Gran parte de la metodología de trabajo se direcciona a los resultados numéricos obtenidos por softwares para luego compararlos con los datos reales recopilados del caso de estudio.

1.5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio se sustenta en la comparación de datos entre el escenario existente con el que se propone. En cuanto a la temperatura interior, se utiliza el modelado 3D de las dos viviendas con sus respectivos materiales, espesores de muros, ventilación natural, entre otras características y el uso del software DesignBuilder para los análisis; mientras que, para el consumo de energía se recopilan las planillas de luz del año 2019, 2020 y 2021 (pre-pandemia y pandemia actual) dos escenarios puesto que es un caso especial debido al incremento del consumo eléctrico por la pandemia y al cambio de tarifa por kWh a fines de 2020. Con todos los resultados obtenidos, se busca determinar el grado de viabilidad técnica, económica y autosustentable de una vivienda propuesta con el uso de un sistema PV y estrategias pasivas.

1.5.4 ALCANCE

Si bien a nivel de Latinoamérica existe una fuerte iniciativa por la investigación e implementación de sistemas PV, en Ecuador y con mayor énfasis en la ciudad de Portoviejo, esto no sucede. El trabajo de tesis que se realiza

busca complementar las primeras respuestas cuantitativas de la viabilidad que representa el uso de un sistema PV en ciudades que pertenecen a la zona climática húmeda muy calurosa y que se encuentren cerca de la línea ecuatorial, de esta manera abarcar un margen de referencia que sea aplicable para ciudades que compartan las mismas características.

1.5.5 PLAN DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

1.5.5.1 Programas a utilizar para el manejo de análisis y resultados

Los softwares que sirven de soporte fundamental para la presente investigación son los siguientes:

- GRAPHISOFT ArchiCad
- Autodesk Ecotect Analysis
- DesignBuilder
- SAM

Modelado 3D (GRAPHISOFT ArchiCad)



Figura 1.11: GRAPHISOFT - ArchiCad 24
Fuente: GRAPHISOFT, 2021

Como punto de partida, se realiza el levantamiento arquitectónico de la vivienda ubicada en la ciudad de Portoviejo.

Con la información recopilada, se procede a modelar en GRAPHISOFT ArchiCad el caso de estudio y propuesta de rediseño, a fin de obtener un mayor acercamiento a los proyectos en 3D.

Estudio de sombras (Autodesk Ecotect Analysis)



Figura 1.12: Autodesk Ecotect Analysis
Fuente: Arquitectura Sustentable, 2015

Previo a importar los modelados 3D de GRAPHISOFT ArchiCad al Autodesk Ecotect Analysis, se definen las características de latitud, longitud y zona horaria de la ciudad de estudio, que, para Portoviejo son: -1,01, -80,47 y GMT -5 respectivamente. Cabe recalcar que, se selecciona este software por la calidad de representación gráfica que brinda en cuanto a las proyecciones de sombras.

Es recomendable graficar el 21 de junio y el 21 de diciembre correspondientes a los dos solsticios anuales y así obtener los rangos máximos de sombras proyectadas por la edificación existente y la edificación propuesta.

Estudio de temperatura interior (DesignBuilder)



Figura 1.13: DesignBuilder
Fuente: DesignBuilder, 2021

Para el estudio de temperatura interior, humedad, energético, iluminación y CFD se utiliza DesignBuilder, debido a que este programa permite analizar los niveles de confort mediante el sistema avanzado de simulación ambiental con el que cuenta.

Simulación de rendimiento para paneles PV (SAM)



Figura 1.14: SAM
Fuente: NREL, 2020

Con el uso del SAM, se puede calcular el rendimiento de paneles PV mediante características específicas como el tipo, la inclinación y el azimut de los paneles. Así mismo, el programa trabaja con datos a detalle del emplazamiento de los PV. Es necesario ingresar las características de latitud, longitud, zona horaria, metros sobre el nivel del mar, entre otros para determinar de igual forma la cantidad de paneles PV capaces de abastecer la demanda de la propuesta de rediseño.



1.5.5.2 Proceso de análisis

En esta fase, se seleccionó una vivienda tipo de cuatro habitantes, debido a que representa el componente promedio familiar de la ciudad de estudio, además, se empleó estadística descriptiva de los análisis bioclimáticos y energéticos del caso de estudio y de la propuesta de rediseño para comparar y evaluar los resultados obtenidos.

Para la propuesta de rediseño, con base a los datos antes mencionados, se planteó la cubierta con paneles PV adecuados a las características de viviendas unifamiliares, tomando en cuenta ciertas consideraciones del faldón: pendiente, inclinación, superficie y azimut. Con esta información, se procede a identificar los modelos de paneles solares: niveles de voltaje, eficiencia, potencia, rendimientos y dimensiones con los que se manejan.

Al encontrarse la propuesta de rediseño emplazada en una zona climática húmeda muy calurosa, se le adaptaron estrategias pasivas tales como: ventilación natural y minimización de las ganancias de calor, recomendadas en el libro “Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas”.

Cabe recalcar que, todo ello se efectuó a través de la comparación de dos ámbitos: por un lado, se consideró el costo real de energía eléctrica y por el otro, se analizó la viabilidad económica con el precio oficial subsidiado; sin dejar de estudiar los siguientes contextos para la mejor propuesta:

- Rendimiento energético
- Accesibilidad económica

Por lo tanto, con base a lo mencionado, el punto focal de la presente investigación consiste en generar una nueva propuesta de vivienda autosustentable con la aplicación de estrategias pasivas y complementar el abastecimiento de energía eléctrica mediante estrategias activas como es el caso del sistema PV, contribuyendo de esta manera al desarrollo sostenible y ahorro económico.

ESTADO DE ARTE

CAPÍTULO 2





CONTENIDOS

Normativas nacionales en materia de energías alternativas

Estrategias pasivas y activas de diseño en clima tropical ecuatorial

Sistema de captación solar activa PV

Criterios estéticos y funcionales de tecnología solar PV en arquitectura

Antecedentes: Passive House, Net Zero y Plus Energy House

Casos de estudio: Passive House y Net Zero

INTRODUCCIÓN



Figura 2.1: Normas sostenibles toman forma en Ecuador
Fuente: Mundo Constructor, 2018

El mercado energético de cada región del mundo condiciona en gran medida la legislación o normativa sobre eficiencia energética. Las zonas con mayor preocupación por conseguir un ahorro significativo al consumir energía, son aquellas que tienen más dependencia en su suministro. Por lo tanto, esta normativa, es una forma de exponer el concepto y beneficio de la eficiencia energética a los ciudadanos.

A nivel mundial existe interés marcado por desarrollar una legislación que permita hacer más eficiente el consumo energético en cada país. Este hecho es esencialmente evidente en el continente europeo que, debido a una falta notoria de recursos energéticos, realiza grandes esfuerzos por desarrollar normas de eficiencia energética y con ello disminuir su factura de consumo.

El planeta requiere de soluciones exponenciales para conservar las reservas de recursos naturales agotables existentes, siendo una de ellas el sustituir la producción de energía que

actualmente utiliza fuentes no renovables por las llamadas fuentes renovables o inagotables.

Por lo tanto, resulta urgente la puesta en marcha de legislaciones y normativas jurídicas para implementar y regular políticas que desarrollen este tipo de energías de carácter inclusivo con el entorno natural.

Pues bien, con los antecedentes ya mencionados, para el desarrollo de este proyecto se tiene como problema principal el alto consumo energético residencial y la falta de confort en clima tropical ecuatorial. Como es de conocimiento, la región Costa y específicamente la provincia de Manabí, pertenece a una zona climática húmeda muy calurosa, situación que no sucede habitualmente en todo el mundo. Por lo tanto, en respuesta a esta realidad, se propone la aplicación de estrategias principalmente pasivas en los diseños de viviendas, con el fin de conseguir un mayor ahorro y eficiencia de la energía que se consuma.

2.1 NORMATIVAS NACIONALES EN MATERIA DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

El desarrollo industrial y tecnológico a partir de la segunda mitad del siglo XX, ha provocado una progresiva explotación de los combustibles fósiles, principalmente los hidrocarburos a nivel mundial, situación que se manifiesta en dos criterios fundamentales: el incremento significativo de la contaminación ambiental y la amenaza del agotamiento antes de lo previsto de los yacimientos.

Con este antecedente, la dimensión legislativa de las energías renovables desde el punto de vista de su regulación jurídica, Ecuador realiza una labor destacada.

Recordando, los recursos naturales y por ende las energías renovables, constituyen la base de los tres pilares fundamentales del desarrollo sostenible: económico, social y calidad medioambiental (Correa et al., 2016).

Según los autores del artículo científico “Energías renovables y medio ambiente. Su regulación jurídica en Ecuador” (Correa et al., 2016) de la revista *Universidad y Sociedad* en cuanto a la participación de las energías renovables dentro de la matriz energética

ecuatoriana se consideran los siguientes aspectos:

- a) “Generación de electricidad, a través del aprovechamiento de recursos naturales en proyectos hidroeléctricos, eólicos, biomasa (con-generación) y solares (PV).
- b) Obtención de gas combustible (biogás), utiliza residuos orgánicos producidos por la agroindustria.
- c) Uso de biocombustibles para el transporte, a través de la sustitución parcial del consumo de la gasolina extra con etanol (proyecto piloto en la ciudad de Guayaquil).
- d) Calentamiento de agua con energía solar, para reemplazar el uso de electricidad o de gas licuado de petróleo”

“Sobre el Marco Institucional en el Ecuador, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) es la entidad encargada de diseñar y ejecutar planes y programas de desarrollo de energías renovables; el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), es el encargado de la regulación del sector eléctrico, aprueba las concesiones para el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables y establece el precio de estas energías; y, en el caso de los

biocombustibles, el Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC), es la entidad coordinadora de la promoción a nivel productivo mediante el Consejo Nacional de Biocombustibles” (Correa et al., 2016).

A continuación, se detalla a breves rasgos, los avances que la República del Ecuador ha alcanzado en el desarrollo de las energías renovables desde el punto de vista institucional:

- “En el año 2007 fue creado el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. En estos años de gestión, se observan” avances en el establecimiento de un desarrollo endógeno y sostenible de la sociedad ecuatoriana.

- En el año 2011, inicia el funcionamiento del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), encargado de la generación de conocimiento técnico aplicado en materia de definición de políticas públicas, planificación estratégica, control, seguimiento y evaluación del sector, de la promoción de la transferencia tecnológica e innovación y del fomento del talento humano especializado en electricidad y energías renovables (República del Ecuador. *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2008*)” (Correa et al., 2016).



Por otra parte, según la Resolución Nro. 042/18 del ARCONEL, en el caso en el cual se produzca un excedente de electricidad en la edificación, esta ingresará a la red de media o baja tensión de la empresa de distribución según corresponda, cuya liquidación se realizará mediante un mecanismo de balance mensual neto de energía. Sin embargo, actualmente las compensaciones monetarias no son reconocidas, siendo necesario una regulación en el cumplimiento de esta ley que incentive la producción de energía fotovoltaica y a su vez contribuya al abastecimiento urbano.

En cuanto a las medidas de compensación en tarifas eléctricas durante la emergencia sanitaria “La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), en coordinación con el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, aprobó mediante RESOLUCIÓN Nro. ARCONEL-004/2020 el 16 de junio de 2020, la implementación a nivel nacional de medidas de compensación complementarias para los clientes de las empresas de distribución de electricidad, durante la emergencia sanitaria” (ARCONEL, 2020).

Las resoluciones principales son:

-Una tarifa plana de 10,5 centavos de dólar por kilovatio/hora (kWh) para los usuarios residenciales cuyo consumo de energía exceda los 500 kWh por mes; mientras que para los

sectores industrial comercial se establecerá una disminución del 50% del valor actual de la tarifa por demanda, siempre y cuando registren una demanda inferior al 60% del máximo registrado en su historial (ARCONEL, 2020).

-Para aproximadamente un millón y medio de familias de bajos ingresos económicos se mantiene la “tarifa de la dignidad”, con el valor reducido de 4 centavos de dólar por cada kWh, aunque sobrepasen el límite de consumo permitido en su categoría [...] (ARCONEL, 2020).

-Mientras tanto, para el segmento de 2,7 millones de usuarios residenciales cuyo consumo es mayor que los de la “tarifa de la dignidad” y menor a 500 kWh por mes, se congela su tarifa en el valor registrado antes del estado de excepción equivalente a 9 centavos de dólar por kilovatio/hora (kWh). La aplicación de las medidas complementarias que benefician a los usuarios del servicio de energía eléctrica, a nivel nacional, corre a partir de los consumos de marzo y mientras dure el estado de excepción” (ARCONEL, 2020).

Para determinar el Marco Legal e Institucional de las energías renovables en el Ecuador, es indispensable considerar la política nacional bajo la cual se desarrollan, teniendo como su origen la Constitución de la República (Correa et al., 2016).

En el 2016, el 97% de la población tiene acceso a la electricidad, convirtiendo al Ecuador en líder energético a nivel de América Latina.

Cabe mencionar que, los proyectos eléctricos que funcionan en base a energías renovables son los principales promotores de evitar que se expulse millones de toneladas de CO₂ por año al medio ambiente y de ahorrar por la compra de combustibles.

Como dato relevante, el estado ecuatoriano promueve día a día en el sector público y privado el uso de energías alternativas no contaminantes de bajo impacto y de eficiencia energética a todo nivel, así como de tecnologías ambientalmente limpias a través de sus normativas jurídicas (Correa et al., 2016).

No obstante, para el desarrollo del presente trabajo, las normativas y estrategias de diseño se enfocarán en la zona climática húmeda muy calurosa (ver Tabla 2.1) correspondiente a las zonas costeras del Ecuador, con cierta diferencia en las oscilaciones de temperatura día-noche utilizando como principales estrategias aquellas que se explicarán más adelante.



ZONA CLIMÁTICA	PROVINCIA Región costa	CAPITAL	
1	Húmeda muy calurosa	El Oro	Machala
1	Húmeda muy calurosa	Esmeraldas	Esmeraldas
1	Húmeda muy calurosa	Guayas	Guayaquil
1	Húmeda muy calurosa	Los Ríos	Babahoyo
1	Húmeda muy calurosa	Manabí	Portoviejo
1	Húmeda muy calurosa	Santa Elena	Santa Elena

Tabla 2.1: Definición de Zonas Climáticas de las capitales de provincias del Ecuador (Región Costa)

Fuente: Palme et al., 2017

• ESTRATEGIAS DE DISEÑO PASIVO – ZONA CLIMÁTICA HÚMEDA Y CÁLIDA

ESTRATEGIAS DE REFRIGERACIÓN		SISTEMAS Y SOLUCIONES
PROTECCIÓN SOLAR	Exterior	Umbráculos o pérgolas
		Parasoles
		Persianas y contraventanas
	Externa	Vegetación
	Intermedia	Vidrios especiales
Interior	Persianas y estores	
VENTILACIÓN NATURAL	Cruzada	Huecos
		Efecto chimenea
	Con tiro térmico	Aspiración estática (efecto Venturi)
Inducida	Torre de viento	
TRATAMIENTO DEL AIRE	Enfriamiento evaporativo	Agua
		Vegetación
	Reducción de la temperatura del aire	Conductos enterrados
		Patios
EVITAR GANANCIAS	Minimizar el flujo conductivo del calor	Refrigeración nocturna
		Masa térmica
	Minimizar infiltraciones	Colores de tonos claros
ESTRATEGIAS DE ILUMINACIÓN		SISTEMAS Y SOLUCIONES
LUZ NATURAL	Captar	Galería, patio, conducto de luz, porche, atrio, claraboya
	Transmitir	Ventanas: bilaterales, unilaterales o multilaterales
	Distribución	Repisas de luz, atrio, forma y ubicación de las ventanas
	Protecciones	Móviles, fijas

Tabla 2.2: Estrategias de diseño pasivo

Fuente: Instituto Valenciano de la Edificación, 2014

2.2 ESTRATEGIAS PASIVAS Y ACTIVAS DE DISEÑO EN CLIMA TROPICAL ECUATORIAL

Con el fin de generar edificaciones energéticamente neutras, se debe priorizar el diseño pasivo de las mismas para requerir poca energía y al mismo tiempo brindar un alto grado de confort. Sin embargo, el clima tropical ecuatorial demanda un alto desempeño energético, por lo que es necesario complementar las estrategias pasivas de acuerdo a la zona climática húmeda muy calurosa con las activas de diseño (sistema PV) para de esta manera producir energía limpia capaz de suplir los consumos eléctricos habituales de los usuarios, alcanzando así el estándar Net Zero y con ello un alto grado de eficiencia.

2.2.1 ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO EN ZONA CLIMÁTICA HÚMEDA MUY CALUROSA

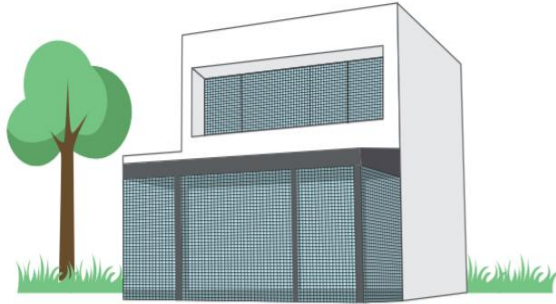


Figura 2.2: Usar ventanas que maximicen el flujo del aire
Fuente: Palme et al., 2017

Son de los primeros aspectos más importantes que se aplican al diseño arquitectónico, con el objetivo de aprovechar al máximo lo que ofrece el medio y de esta manera reducir la dependencia de la energía eléctrica para alcanzar el confort deseado. Se podría decir que, estas estrategias (ver Tabla 2.2) heredan la sabiduría de la arquitectura tradicional proveniente de nuestros ancestros, donde la elección de los materiales y las proporciones son esenciales. No obstante, son de los sistemas que requieren mayor cuidado al momento de dimensionar, por lo que su efectividad dependerá de la experiencia del diseñador y de un correcto uso por parte del cliente (Huellas de Arquitectura, 2018).

Entre las principales estrategias pasivas aplicadas al medio son:

- Buscar la óptima orientación.
- Optimizar los vanos: estanqueidad, tipos de vidrio y de carpinterías.
- Iluminación natural: forma de los vanos, elementos de control lumínico, etc.

Según los autores del documento “Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas” (Palme et al., 2017), a partir del análisis climático de las distintas zonas del Ecuador identificadas por Givoni, se establecen las siguientes macro estrategias pasivas energética para la zona climática húmeda muy calurosa.

- **Ventilación natural:** En la zona climática húmeda muy calurosa o con una estación similar, la primordial estrategia pasiva a utilizarse es la ventilación natural. Esta tiene un efecto muy directo sobre el cuerpo humano, incrementando la capacidad de sudoración y reduciendo la sensación térmica en climas cálidos. Entre sus principales estrategias son:

- Usar ventanas que maximicen el flujo de aire.
- Permitir la ventilación cruzada (ver Figura 2.3).
- Orientar la fachada de mayor longitud del edificio en la dirección del viento predominante.
- Orientar las ventanas en la dirección predominante del viento.
- Maximizar

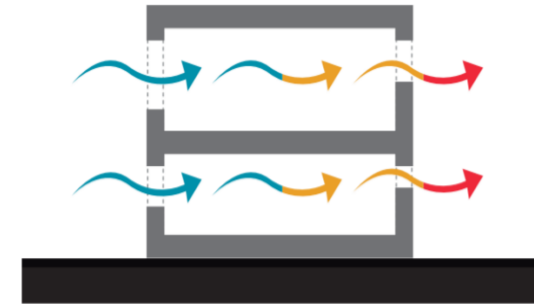


Figura 2.3: Permitir la ventilación cruzada
Fuente: Palme et al., 2017

- **Minimización de ganancias de calor:** Si las condiciones climáticas en el exterior de una edificación son cálidas y húmedas, los materiales que forman la envolvente y el diseño de la misma deberán reducir las ganancias de calor desde el exterior hacia el ambiente interior. Entre sus estrategias principales son:

- Evitar instalar ventanas en la fachada oeste de la edificación y además generar sombras utilizando la vegetación propia del lugar.
- Instalar protecciones solares en ventanas con incidencia solar (voladizos, quiebrasoles, etc.).
- Usar materiales de construcción de colores claros o materiales aislantes reflectantes especialmente en el techo (ver Figura 2.4).

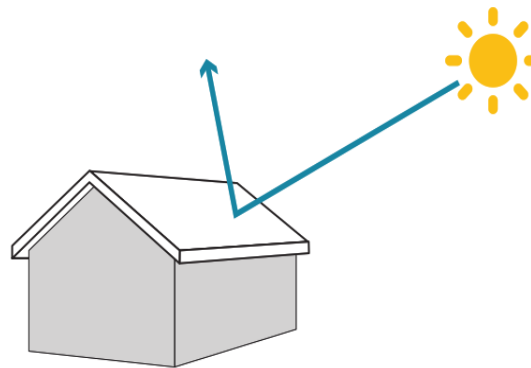


Figura 2.4.: Usar materiales de construcción de colores claros o materiales aislantes reflectantes especialmente en el techo
Fuente: Palme et al., 2017

2.2.2 ESTRATEGIAS ACTIVAS DE DISEÑO EN ZONA CLIMÁTICA HÚMEDA MUY CALUROSA

Después de tener un diseño pasivo optimizado, se define un diseño con equipamiento activo, cuyo objetivo principal será el de abastecer las demandas no resueltas por las estrategias pasivas y así alcanzar los estándares energéticos.

Si bien, las estrategias pasivas logran reducir considerablemente las necesidades de consumo, sigue siendo imprescindible utilizar los equipos para alcanzar el confort deseado en las edificaciones. Por lo tanto, al ser inevitable el consumo de energía, la clave está en el origen de la misma. Entre las principales estrategias

activas aplicadas a la zona climática húmeda muy calurosa son:

- Usar refrigeradoras y en general electrodomésticos energéticamente eficientes (ver Figura 2.5).
- Usar sistemas de iluminación energéticamente eficientes.
- Usar sistemas de aire acondicionado de alta eficiencia energética (Palme et al., 2017)



Figura 2.5: Electrodomésticos más eficientes para mayor eficiencia energética
Fuente: Maura, 2018

2.3 SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR ACTIVA PV

El sistema de captación solar se compone de un conjunto de elementos que funcionan de manera integrada con el fin de producir, almacenar y distribuir energía mediante la luz solar. Cuenta con un amplio número de aplicaciones y representa un tipo de energía limpia en constante crecimiento.

Los sistemas PV pueden ser aislados o interconectados a la red. Por un lado, los sistemas aislados dependen de más elementos para su funcionamiento lo que representa un costo mayor de inversión inicial y la energía que se produce abastece únicamente al proyecto; por otro lado, los sistemas interconectados a la red dependen de menos elementos y son capaces de consumir energía de la red local al mismo tiempo que producen la propia, llegando incluso a producir más energía de la que se consume en la edificación o conjunto de ellas.

En la propuesta del presente trabajo, se buscará satisfacer las necesidades energéticas que demanda la vivienda a través de un sistema interconectado a la red local.

2.3.1 COMPONENTES

Los componentes del sistema antes mencionado se clasifican en:

2.3.1.1 Célula PV y panel PV

En el efecto PV, existe una conversión parcial de la luz en energía eléctrica mediante materiales semiconductores que interactúan entre sí, de esta manera, dos electrodos metálicos y dos placas de silicio separados por una placa que permite el flujo eléctrico forman una célula PV, fotocélula o célula fotoeléctrica.

Un panel PV se conforma por un conjunto de células PV, debido a que de manera independiente generan poca energía, dependiendo el tamaño y la potencia del panel se pueden agrupar desde 36 células hasta 72.

Es importante conocer la diferencia entre células monocristalinas, policristalinas y amorfas, de ésta última, es utilizada para acoplar su forma a superficies curvas a costa de menor vida útil, por lo que no serán consideradas en este documento.

Las células monocristalinas y policristalinas (ver Figura 2.6), pueden producir la misma cantidad de energía, pero la diferencia principal radica en el área que ocupan y como consecuencia en la eficiencia energética.

La eficiencia energética se mide en kW/m^2 ($1\,000\text{ W/m}^2$), en términos sencillos, se la puede entender como la capacidad de generar energía en función del área del panel, es decir, un panel es más eficiente con respecto a otro cuando es capaz de producir la misma cantidad de energía, pero con un área menor.


TECNOLOGÍA DE CELDAS	CARACTERÍSTICAS
 Monocristalina	Estructura: Formado por celda sencilla de silicón Modulo de eficiencia típico: 13 % - 20 % (17 % a 22 % de acuerdo con SHC e IEA)
 Policristalina	Estructura: Formado por multicristales de silicón Modulo de eficiencia típico: 14 % - 16 % (11 % a 17 % de acuerdo con SHC e IEA)

Figura 2.6: Tipos de células más habituales de sílice: Monocristalinas y Policristalinas (lámina delgada)
 Fuente: Zalamea & Barragán, 2021

Tal es el caso de los paneles monocristalinos en comparación de los policristalinos, los dos son capaces de generar la misma cantidad de energía, sin embargo, el área que ocupan los monocristalinos es menor con respecto a la de los policristalinos, es decir el panel es más eficiente, pero, a un costo mayor.



Figura 2.7: Paneles PV de células monocristalinas y policristalinas
Elaboración: Propia

La eficiencia de un panel PV representa un aspecto muy importante, debido a que el área de este juega un papel fundamental a la hora de instalar sistemas PV en un proyecto, si el área se reduce la inversión será mayor y viceversa.

Por lo tanto, es buen punto de partida para determinar el tipo de panel según el área del proyecto. Cabe recalcar que, no es la única característica que condiciona la eficiencia del panel, pero sí la más importante.

El equipo que se utilizará para la propuesta del rediseño consiste en un panel monocristalino de 120 células con una dimensión de 1,76 x 1,04 x 0,35 m con un módulo máximo de eficiencia del 20,70% (ver Figura 2.8) puesto que, cuenta con un mejor desempeño con respecto a sus versiones anteriores de 62 y 70 celdas.

El polvo y la polución pueden afectar hasta 4% el rendimiento del panel en 17 días bajo

condiciones urbanas habituales (Zalamea & Barragán, 2021), por lo que es importante el mantenimiento continuo de los mismos para garantizar la máxima captación de radiación.

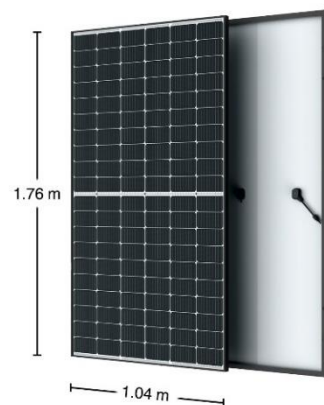


Figura 2.8: Panel PV de 120 células monocristalinas
Fuente: Trina Solar, 2021

2.3.1.2 Inversor

La energía que proviene de los paneles es receptada por el inversor, el cual convierte la corriente continua en corriente alterna, de esta manera poder abastecer los consumos de aparatos eléctricos de uso cotidiano (ver Figura 2.9).

En términos de eficiencia, es recomendable un diseño combinado de corriente continua para luminarias y corriente alterna para el resto de consumos (Vera, 2005). De igual forma, es importante el cumplimiento de la normativa

correspondiente, como es el caso de la IEEE 1547, en la cual se estipulan los requisitos relevantes al desempeño, operación, pruebas, consideraciones de seguridad, y mantenimiento de la interconexión.



Figura 2.9: Inversor Fronius Primo
Fuente: Ecolerc, 2021

2.3.1.3 Consumos

Los consumos se incorporan en este apartado debido a la necesidad de ser suplidos por el sistema PV, condicionando el proyecto y dimensionándolo en función de los requerimientos de electricidad (kWh). Para el caso de una vivienda en zona climática húmeda muy calurosa, los consumos generales son: tomacorrientes, iluminación, refrigeración y agua caliente, por lo que el dimensionamiento del sistema deberá cumplir con las demandas máximas registradas (Vera, 2005).

2.3.2 APLICACIÓN EN LA EDIFICACIÓN

En la propuesta de rediseño del presente trabajo de titulación se aplicará el sistema detallado a continuación:

2.3.2.1 Sistema interconectado

Los sistemas interconectados se encuentran enlazados a la red eléctrica local y a su vez esta red funciona como una batería virtual que hace innecesaria la instalación de baterías físicas.

De manera general, este sistema se aplica a proyectos de vivienda. Sin embargo, la escala puede aumentar a grandes urbanizaciones, edificios comerciales, hasta plantas de generación de energía PV.

En el marco Ecuatorial, la instalación de un “sistema de micro generación PV μ SFV” es decir, un sistema interconectado a la red deberá cumplir con las respectivas condiciones técnicas, requisitos, procedimientos, entre otros aspectos regulados por la Resolución Nro. 042/18 del ARCONEL. Cabe mencionar que, la capacidad nominal instalada deberá de ser de hasta 100 kW para poder trabajar en sincronismo con la red de distribución (ARCONEL, 2018). Los proyectos deberán conectarse con las redes de medio o bajo voltaje de la empresa de distribución como se muestra en la Figura 2.10 y la energía producida

se destinará únicamente al consumo de la edificación donde se instalará el sistema.

Como se mencionó anteriormente en la Resolución Nro. 042/18 del ARCONEL, en el caso de producirse un excedente de energía registrada por el medidor bidireccional instalado, la empresa distribuidora de electricidad realizará un balance mensual neto entre la energía inyectada a la red y la que se extrae de la misma, destinando la producción extra (de ser el caso) como reserva para el siguiente periodo mensual, valores que se resetean cada dos años en caso de existir excedentes mensuales permanentes.

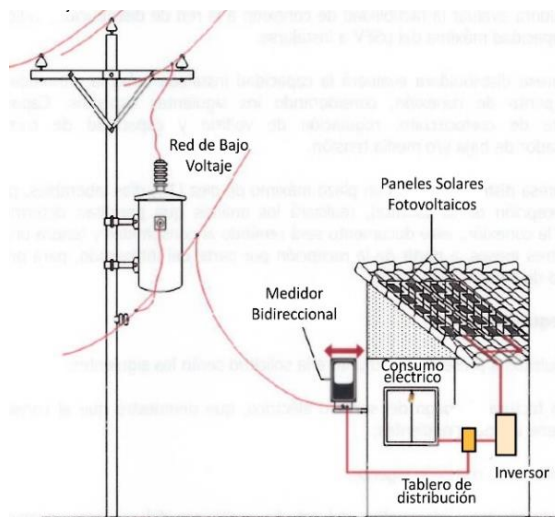


Figura 2.10: Esquema básico de un sistema PV conectado a la red eléctrica

Fuente: ARCONEL, 2018

2.4 CRITERIOS FUNCIONALES Y ESTÉTICOS DE TECNOLOGÍA SOLAR PV EN ARQUITECTURA

La integración solar arquitectónica se realiza desde los finales del siglo XX, ya en 1980 aparece la “Carlisle House” (ver Figura 2.11), como prototipo de vivienda a futuro con autonomía eléctrica en base a paneles PV.

Con ello, inicia la búsqueda por un tipo de edificación que integre eficiencia y autoabastecimiento energético, utilizando estrategias pasivas y la instalación de los primeros módulos PV capaces de producir 4,5 kWp. Luego, en 1984 se integra 340 kWp de módulos policristalinos Solarex en la cubierta de una edificación de la Universidad de Georgetown en Washington D.C. en esta ocasión, arquitectos e ingenieros trabajan en conjunto para integrar los paneles en la cubierta del proyecto (Zalamea & Barragán, 2021).



Figura 2.11.: Carlisle House en Massachusetts (1980)

Fuente: Zalamea & Barragán, 2021

2.4.1 ACTUALIDAD EN EL MARCO DE LA INTEGRACIÓN DE SISTEMAS PV

Para 2020, por motivo de la emergencia sanitaria por la COVID-19 se ha frenado la instalación del sistema. Sin embargo, según el informe de IHS Markit sobre el clima y tecnologías limpias se expone que para el período 2021 – 2025 las renovables se desarrollarán con más fuerza. Roger Diwan, vicepresidente de servicios financieros de IHS Markit expone que, las inversiones para tecnología solar PV alcanzarán los 255 millones de dólares en 2021 y se espera que el gasto anual se mantenga constante hasta 2025 con un total de inversión de 1,3 billones (López, 2020).

2.4.2 TECNOLOGÍA SOLAR PV EN ARQUITECTURA

Para la instalación de sistemas PV en edificaciones se debe tomar en cuenta un gran número de condicionantes.

La ubicación del proyecto en diferentes latitudes determina el ángulo de soleamiento óptimo para la mayor cantidad de radiación solar captada, es así que para el polo norte el ángulo óptimo de iluminación se inclina hacia el sur y viceversa, mientras que para las zonas ecuatoriales el ángulo óptimo generalmente se ubica en el cenit con variantes de 23 grados cada seis meses.

La morfología determina el área de la edificación con mejor aptitud para captación solar como se puede observar en la Figura 2.12.

La relación largo, ancho y alto representa mayor o menor capacidad de captación solar en el contexto ecuatorial y con ello las diferentes posibilidades de emplazamiento para los paneles PV. Las proporciones horizontales y de altura baja, suelen representar viviendas unifamiliares, edificios de servicios como hospitales, bloques de viviendas, centros comerciales, incluso la industria, siendo las más óptimas para incorporar sistemas PV (Zalamea & Barragán, 2021).

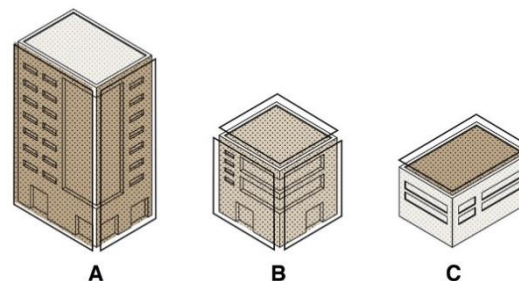


Figura 2.12: Volúmenes edificados con distinta proporción horizontal-vertical. En ocre intenso las superficies con mayor incidencia solar
Fuente: Zalamea & Barragán, 2021

La demanda de una edificación varía dependiendo de los usos de suelo que se efectúen en la misma. La vivienda y la industria son un claro ejemplo de un uso constante de energía, contrario a edificaciones enfocadas al

comercio o prestación de servicios que de manera general funcionan en el día y por la noche no, en otras palabras, presentan un uso intermitente de consumo.

El grado de autonomía dependerá de la capacidad instalada, es decir, si el sistema instalado abastece todas las solicitudes energéticas se denominará un proyecto autosuficiente en comparación a otro con diferentes niveles de dependencia a la red.

2.4.3 INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA

La integración de paneles PV en proyectos representa un nivel complejo de soluciones arquitectónicas para brindar una buena simbiosis entre eficiencia energética y diseño.

2.4.3.1 Paneles PV integrados a una edificación

Esta categoría corresponde a los paneles instalados en fachadas o en cubiertas, generalmente anclados a estructuras fijas previamente diseñadas para soportar las cargas provenientes de los elementos y el viento. Es un sistema eficiente, pero sobre todo económico en comparación a los demás, por lo que es usado con mayor frecuencia.

Los requerimientos de iluminación, calefacción, refrigeración, abastecimiento energético de aparatos eléctricos, ubicación, estrategias

pasivas, morfología de la edificación y el grado de autonomía que se pretende, condicionan al proyecto y a su posible solución.

Además, es ideal para una integración armónica tomar en cuenta las características propias del proyecto a intervenir, es el caso de los ritmos, colores, texturas y las proporciones como criterios claves de diseño arquitectónico (ver Figura 2.13). No obstante, la integración de paneles PV a proyectos edificados puede resultar un tema complejo en elecciones de tipo diseño, eficiencia del sistema y costos.

“Estas particularidades implican que frecuentemente se penalizan la eficiencia de desempeño no solo por la imposibilidad de disposición con condiciones óptimas tanto en orientación como en inclinación, sino también porque las condiciones constructivas y estéticas van en decremento del rendimiento óptimo” (Zalamea & Barragán, 2021).



Figura 2.13: Building Integrated Photovoltaics – BIPV
Fuente: Bureau, 2016

2.4.3.2 Cubiertas ventiladas y paneles PV

En la amplia clasificación tipológica de cubiertas, la cubierta ventilada se caracteriza por disponer de una cámara de aire ventilada entre el plano superior e inferior del faldón, la función que cumple este espacio vacío es de colchón térmico y ventilado ya que en las épocas más cálidas impide que la radiación y el calor que se genera ingresen directamente, disipándose en gran medida el calor por la convección provocada por el propio captado hacia el interior de la edificación y en las épocas de frío que la condensación no sea un problema (ver Figuras 2.14 y 2.15).

Al enfocar el estudio en una zona climática húmeda muy calurosa se tiene en cuenta que, el plano superior protege a la edificación del clima exterior, mientras que, el plano inferior sirve como protección térmica contra las altas temperaturas; por lo tanto, para que la cámara de aire cumpla su función es necesario que exista ventilación natural, por lo que las aberturas del borde inferior como del borde superior del faldón deberán estar conectadas y contar con el área de abertura suficiente.

Según el Código Técnico de la Edificación (CTE) de España para cubiertas ventiladas expone: “Cuando se disponga una cámara de aire, esta debe situarse en el lado exterior del aislante

térmico y ventilarse mediante un conjunto de aberturas de tal forma que el cociente entre su área efectiva total, S_s , en cm^2 , y la superficie de la cubierta, A_c , en m^2 cumpla la siguiente condición: $30 > \frac{S_s}{A_c} > 3$ ” (CTE, 2019). Sin embargo, es recomendable que la superficie de las rendijas sea como mínimo el 2% del total de la superficie de la cubierta en el ingreso y salida del aire.

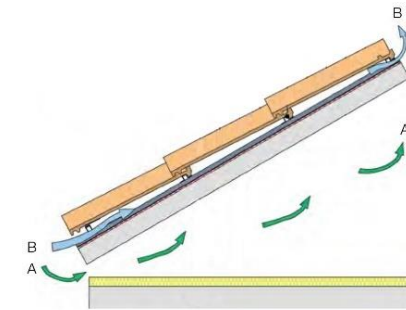


Figura 2.14: Cubierta ventilada (fría), con soporte resistente horizontal
Fuente: Hispalyt, 2018

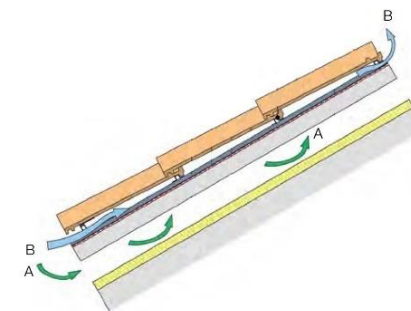


Figura 2.15: Cubierta ventilada (fría), con soporte resistente inclinado
Fuente: Hispalyt, 2018

Las cubiertas en función de la inclinación se pueden clasificar en planas o inclinadas, su uso es totalmente relativo a las necesidades de los constructores. No obstante, una presenta ventajas sobre la otra en cuestiones de ventilación, la cubierta plana es menos eficiente debido a que necesita ventilación cruzada para su correcto funcionamiento; mientras que, la cubierta inclinada potencia el efecto stack puesto que, su geometría permite que el aire caliente suba y salga fácilmente consiguiendo un mayor grado de eficiencia (ver Figura 2.16).

Dada la comparación entre estas dos aplicaciones, se optó por dirigir el proyecto de rediseño mediante el uso de una cubierta inclinada ventilada; la cual, mediante la instalación de paneles PV, funciona también como una fachada ventilada.

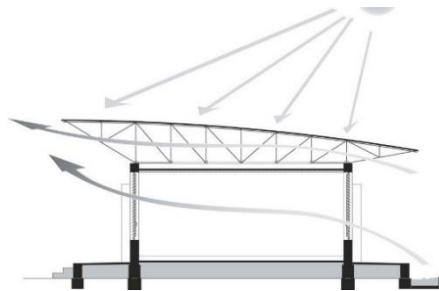


Figura 2.16: Colchón térmico en la cubierta ventilada
Fuente: Arquitectura Viva, 2018

La incorporación de paneles PV en la cubierta junto con la ventilación cruzada como se ha observado anteriormente, también

representan un gran aporte para conseguir una edificación de alta eficiencia que se ajuste a los estándares Net Zero, sobre todo en una zona climática húmeda muy calurosa donde la alta temperatura representa un valor significativo de consumo de energía por el uso de ventilación mecánica.



Figura 2.17: Cubiertas con superficies PV
Fuente: Energía de Castilla, 2020

La instalación PV resulta propicia en regiones ecuatoriales dado que, el nivel de irradiación es muy constante y también en las horas de más irradiación es cuando más consumo de aires acondicionados se da. Esto implica que el nivel de coincidencia del consumo respecto a la producción es muy adecuado, situación que no se observa en regiones estacionales.

2.4.3.3 Fachadas ventiladas

Se entiende como fachada ventilada al sistema constructivo que se ha ido consolidando entre constructores y arquitectos, especialmente por sus indiscutibles ventajas de aislamiento térmico y acústico, por su elevada calidad y posibilidades estéticas.

Este sistema consta de:

- Muro soporte.
- Una capa de aislante anclado o proyectado sobre el soporte.
- Una capa de revestimiento vinculada al edificio mediante una estructura de anclaje que generalmente es de aluminio.

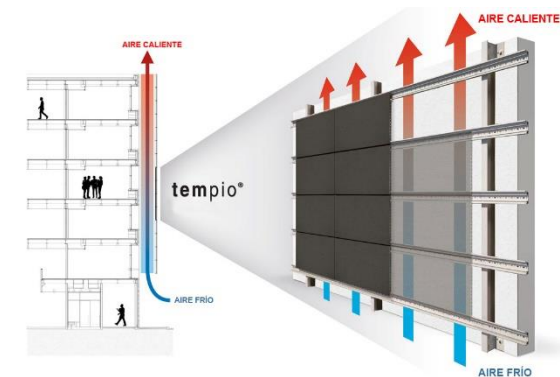


Figura 2.18: Fachada ventilada
Fuente: Tempio, 2021

Como dato estructural, “entre el aislante y el revestimiento se crea una cámara de aire que, por el efecto chimenea, activa una eficaz ventilación natural, manteniendo el aislamiento seco y con ello un gran ahorro en el consumo energético” (Tempio, 2021). Esto provoca un ahorro entre 25% y 40% de energía, sobre todo por el menor consumo y gasto de aires acondicionados en clima húmedo muy caluroso (Ingenieros, 2020) (ver Figura 2.18).

Además, se considera el sistema más eficiente para solucionar el aislamiento de una edificación, eliminando los puentes térmicos (Tempio, 2021).

Es importante mencionar que, son fachadas resistentes al tiempo, con un costo de mantenimiento nulo, ideales porque evitan la condensación y humedad por posibles filtraciones, además de reducir los movimientos estructurales. No obstante, debido a la ubicación geográfica del caso de estudio, la fachada ventilada resulta menos útil y se debe propender a la cubierta ventilada dado que la insolación en nuestra latitud es sobre todo en cubiertas y menos en fachadas (Zalamea & Barragán, 2021).

2.5 ANTECEDENTES: PASSIVE HOUSE, NET ZERO Y PLUS ENERGY HOUSE

Ya sea Passive House, Net Zero o Plus Energy House, consisten en un estándar para la construcción de edificaciones, cuyas bases fundamentales rigen el bajo consumo y la eficiencia energética. Para el estándar Net Zero y Plus Energy, se implementa la producción de energía mediante estrategias activas de diseño como es el caso de los sistemas PV.

2.5.1 ANTECEDENTES PASSIVE HOUSE

En primer lugar, la Passive House no fue “inventada” como tal, fueron los principios que rigen la casa pasiva los que fueron descubiertos poco a poco, dichos principios procuran edificaciones con un consumo energético muy bajo, que ofrecen durante todo el año temperatura ambiente confortable sin la aplicación de estrategias de enfriamiento convencional, como se puede ver en el ejemplo de la Figura 2.19.

Por lo tanto, la eficiencia energética y las características que definen el estándar Passive House, no consisten en conceptos futuristas, o altamente complejos, sino de principios que rigen nuestros entornos naturales y ecosistemas con el fin de que las construcciones fluyan de forma equilibrada con el lugar en el que se integre, facilitando así la vida y la salud de los habitantes además de sus necesidades sin afectar al medio ambiente. En definitiva, las “casas pasivas” siempre han existido, aunque no se conocían bajo esa denominación (KNAUF, 2019).



Figura 2.19: Passivhaus Boadilla del Monte
Fuente: CSO Arquitectura, 2020

2.5.2 ANTECEDENTES NET ZERO

¿Por qué Net Zero? En muchos sectores y campos de la economía, existen tecnologías que pueden reducir sus emisiones a cero; por ejemplo: en electricidad, se puede hacer mediante la generación renovable y nuclear, es decir, para el caso del transporte, hogares bien aislados y procesos industriales. No obstante, esta opción de estrategia se vuelve limitada para industrias como la aviación.

Según datos publicados por el Consejo Mundial de Edificación Sustentable (WorldGBC, World Green Building Council), los edificios y por ende la industria de la construcción, generan más del 30% de las emisiones de CO₂ a nivel global.

Por lo tanto, el interés por invertir en edificaciones verdes o sustentables, ha evidenciado un notorio auge a nivel mundial en los últimos 15 años, sobre todo gracias a los

beneficios económicos, ambientales y sociales que traen consigo (García, 2016).

Con ello, hoy en día una nueva tipología de edificaciones ha tomado gran relevancia en el mundo, definidas en los códigos de edificación internacionales como “Zero Energy Building o Net Zero Energy Building”. Se caracterizan principalmente por ser muy eficientes energéticamente y producir a través de fuentes renovables, la misma energía que consumen; alcanzando así un balance cero de energía anual, como se puede ver en el ejemplo de la Figura 2.20.

Cabe aclarar que, gran parte del estudio y desarrollo de esta potencial iniciativa, han sido principalmente por parte de países europeos y de Norteamérica, debido al uso excesivo de aparatos convencionales en la climatización interior de sus edificios dado por sus condiciones climáticas extremas (Morillón & Ceballos, 2015)

Por definición misma, un edificio certificado como Net Zero Energy Building (NZEB), es una construcción con efectos netos de ‘cero energías’ o ‘cero emisiones de carbono’ detallados a continuación:

- **Net Zero en Energía:** “Se refiere a la edificación de alta eficiencia que proporciona un consumo neto de cero

energías en bases anuales. El abastecimiento residual necesario para alimentar los sistemas energéticos del edificio es generado a través de energía renovable en sitio” (García, 2016).

- **Net Zero en Carbono:** “Se refiere a aquella edificación que produce cero emisiones de carbono como valor neto durante el periodo de un año. La definición de “Net Zero en carbono” varía un tanto, por los distintos esquemas interpretativos dispuestos en cada país que se aplica” (García, 2016).



Figura 2.20: Estándar 90,1 de Ashrae para edificios netos de carbono cero
Fuente: Goodman & D’Antonio, 2021

2.5.3 ANTECEDENTES PLUS ENERGY HOUSE

Plus Energy House o también conocida como casa solar autónoma, es un concepto desarrollado en la Universidad de Stuttgart, tan eficiente capaz de generar electricidad para su

propio consumo, alimentar dos vehículos eléctricos e incluso sobrar para vender a compañías locales de electricidad. Es decir que, desde cierto punto de vista, la casa podría llegar incluso a pagarse por sí misma (Palazzesi, 2010).

En otras palabras, se caracteriza por poseer un diseño que maximiza el aprovechamiento de la luz natural, una mejor aislación térmica del exterior y una serie de pequeños cambios que en conjunto logran que la electricidad generada por los paneles PV que recubren su techo y paredes abastezca el funcionamiento de todos los aparatos eléctricos de su interior (Palazzesi, 2010).

2.6 CASOS DE ESTUDIO: PASSIVE HOUSE Y NET ZERO

Como se ha visto en la sección anterior, la evolución de Passive House a Net Zero se ha desarrollado en busca de la eficiencia energética y del confort térmico.

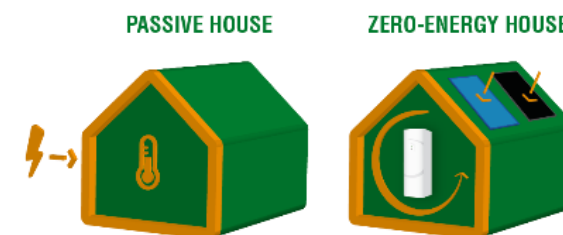


Figura 2.21: Passive House, Zero – Energy House
Fuente: Free Energy, 2021

2.6.1 PASSIVE HOUSE - EXTENSIÓN DE ESCUELA SECUNDARIA EN DANO, CUBIERTA VENTILADA

- Año: 2007
- País: Burkina Faso

La edificación que se presenta a continuación no constituye un proyecto de vivienda, sin embargo, el caso de estudio se emplaza en un clima tropical con temperaturas muy elevadas y cuenta con soluciones arquitectónicas que le brindan la característica de edificación pasiva. Esta escuela ubicada en Dano, Burkina Faso, África, cuenta con una cubierta suspendida e inclinada en voladizo con aberturas en el techo que permiten la salida del aire caliente.



Figura 2.22: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso – Fachada sureste
Fuente: Arquitectura Viva, 2018

La ciudad de Dano tiene un clima variado durante todo el año, las temperaturas máximas se presentan en marzo con un rango de 26 °C a 38 °C; mientras que, las temperaturas más

frescas se presentan por septiembre con un rango de 18 °C a 31 °C (WeatherSpark, 2020).

En busca de la eficiencia eléctrica y térmica mediante un edificio pasivo, el arquitecto plantea el módulo en forma de L, el cual se cierra al recorrido solar y aprovecha los vientos que llegan del sur. En el proyecto también se puede observar como la circulación de los ingresos al bloque se encuentran sombreados por la forma de la cubierta y el emplazamiento, esto reduce la temperatura del pasillo en varios grados.

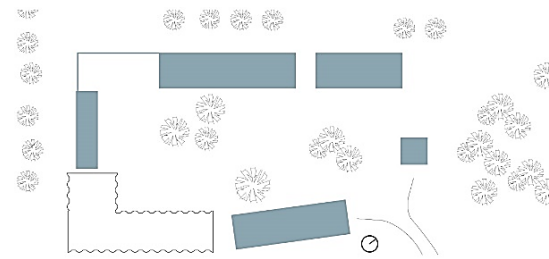


Figura 2.23: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso – Planta única
Fuente: Arquitectura Viva, 2018

Como un factor importante, responde a la solución constructiva para ventilación cruzada y cubierta ventilada en una edificación emplazada en la zona tórrida del planeta, es decir, emplazada en uno de los lugares habitables más calurosos. EL edificio no necesita ayuda de ventilación mecánica puesto que, la pendiente de la cubierta y su posición con respecto a los

vientos predominantes garantizan la ventilación natural.

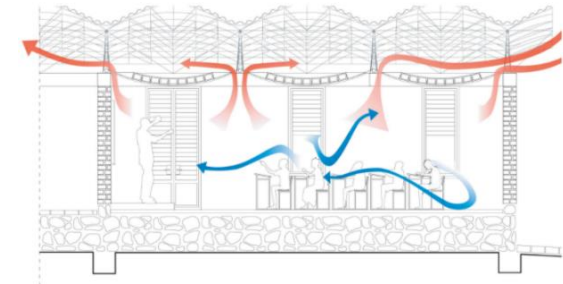


Figura 2.24: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso - Ventilación cruzada
Fuente: Arquitectura Viva, 2018

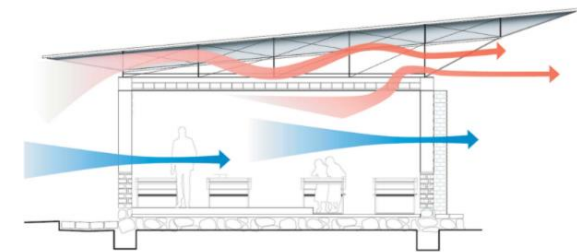


Figura 2.25: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso - Ventilación cruzada
Fuente: Arquitectura Viva, 2018

La estructura de la cubierta se realiza in situ únicamente con varilla corrugada y consigue elevar la misma ocupando el mínimo espacio, de esta manera dota de mejor ventilación a la cámara de aire; su cota más baja se proyecta hacia el sur de donde provienen los vientos predominantes y sus volados cubren de sombra a puertas y ventanas procurando el ingreso de la luz y no del calor.

El cielo raso suspendido en ondas de 3 m y con aberturas entre las caras laterales de los módulos, permiten que el aire caliente que se genera en las aulas suba hacia la cubierta y consecuentemente hacia el exterior debido a la ventilación natural, estos elementos colgantes son pintados de blanco para una mejor distribución de la luz.



Figura 2.26: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso – Estructura de la cubierta
Fuente: Arquitectura Viva, 2018

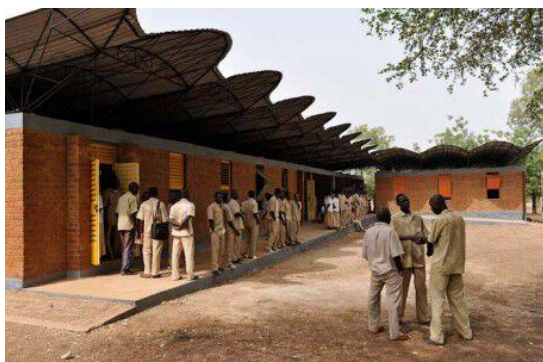


Figura 2.27: Extensión de Escuela Secundaria en Dano, Burkina Faso – Patio interior
Fuente: Arquitectura Viva, 2018

Como aporte a la propuesta de rediseño que se desarrolla en el capítulo 3, se ha seleccionado el sistema presentado anteriormente para la cubierta ventilada.

2.6.2 NET ZERO - ENERGY HOUSE / LIFETHINGS

- **Año:** 2012
- **País:** Corea del Sur
- **Área de construcción:** 230 m²

El proyecto se compone de dos plantas arquitectónicas, por un lado, incorpora paneles PV y colectores solares como captación activa; por otro lado, inercia térmica de materiales, ventilación cruzada y emplazamiento dentro del suelo como estrategias pasivas para aumentar el confort térmico interno de la vivienda.

Es un edificio versátil, ya que sus soluciones arquitectónicas se plantean para soportar bajas temperaturas como muy altas.



Figura 2.28: Net Zero Energy House / Lifethings
Fuente: Plataforma Arquitectura, 2013

La vivienda se encuentra ubicada en GyeongSangNam-do, Corea del Sur, ciudad en la cual las condiciones climáticas son muy variadas, en especial los veranos ya que son largos, calientes, mojados y parcialmente nublados. Las temperaturas más cálidas se encuentran entre junio y septiembre alcanzando los 30 °C.

El caso de estudio se emplaza en una superficie de topografía elevada perteneciente a campos agrícolas escalonados, lo que le brinda al proyecto fuertes vientos que benefician la ventilación cruzada.

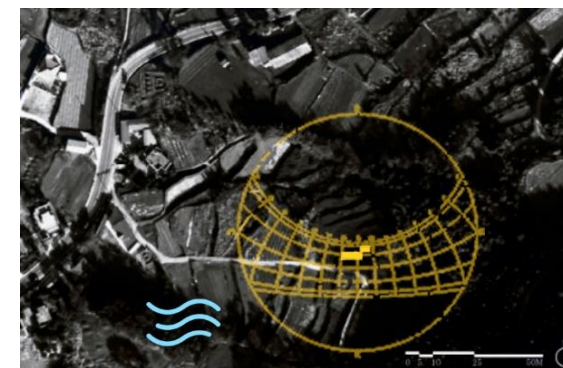


Figura 2.29: Carta solar y vientos predominantes
Fuente: Autores

La edificación cuenta con paneles PV y colectores solares térmicos en dirección sur soportados en sus dos cubiertas. La razón de ello es una consecuencia de la ubicación de Corea del Sur con respecto a la línea ecuatorial al encontrarse hacia el norte de la tierra.

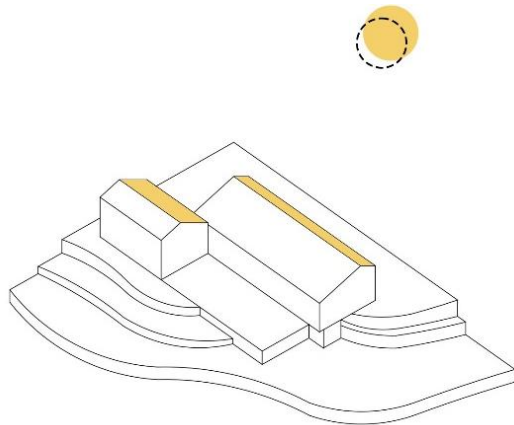


Figura 2.30: Incidencia solar en planos de la cubierta
Fuente: Plataforma Arquitectura, 2013



Figura 2.31: Instalación de paneles PV y colectores solares en cubiertas inclinadas
Fuente: Plataforma Arquitectura, 2013

Los planos verticales con mayor área de ventilación se orientan hacia los vientos predominantes que llegan del oeste, con el fin de ingresar a la vivienda y generar ventilación cruzada, en especial en las temporadas de calor.

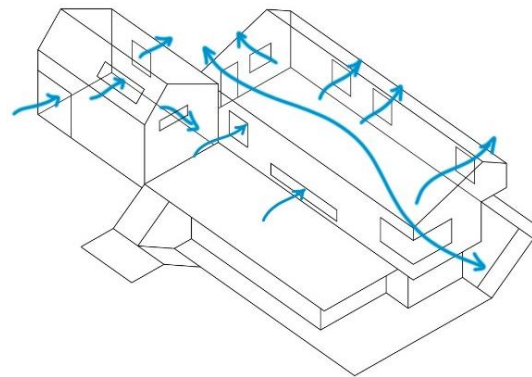


Figura 2.32: Ventilación cruzada
Fuente: Plataforma Arquitectura, 2013

La iluminación natural se ve potenciada por la reflexión de la luz en planos horizontales y diagonales.



Figura 2.33: Estudio
Fuente: Plataforma Arquitectura, 2013



Figura 2.34: Espacio multifunción
Fuente: Plataforma Arquitectura, 2013

Los aportes de este proyecto para la propuesta de rediseño se basan principalmente en los vanos que se disponen de manera estratégica, con el fin de generar una buena iluminación de los espacios interiores y el correcto aprovechamiento de los vientos a través de una adecuada ventilación cruzada.

2.6.3 PASSIVE HOUSE - HOTEL AC SANTS BARCELONA

- **Año:** 2008
- **País:** España
- **Área de construcción:** 1 550 m²

El siguiente caso de estudio fue seleccionado por el sistema constructivo aplicado a la envolvente de la edificación, este consiste en fachadas ventiladas que disminuyen la temperatura interior del proyecto con respecto a la temperatura de la ciudad. El proyecto se encuentra emplazado en Barcelona, cuyas temperaturas ascienden aproximadamente a 28 °C en la época caliente del año siendo un referente similar al clima de la ciudad de Portoviejo.



Figura 2.35: Hotel AC Sants - Barcelona
Fuente: Sistema Masa, 2008

La fachada ventilada permite que el aire caliente entre los paneles y el cerramiento de la edificación se expulse hacia el exterior, además de ello, resuelve problemas de humedad y ahorra energía al evitar el excesivo uso de aires acondicionados.

La estructura de la envolvente se resuelve mediante el uso del sistema “PF-ALU / PL”, desarrollado por la empresa “Sistema Masa” que se especializa en detalles constructivos de fijación para fachadas ventiladas.



Figura 2.36: Sistema PF-ALU / PL
Fuente: Sistema Masa, 2021

El sistema PF-ALU / PL, consiste en un anclaje fijo diseñado para ser montado sobre perfiles de aluminio. El dimensionamiento y conformación de los anclajes se realizan mediante paneles plegables dobles de base variable y se utilizan en función de las dimensiones del revestimiento y de su posición en la fachada (Sistema Masa, 2021), esto se puede observar en la Figura 2.36.

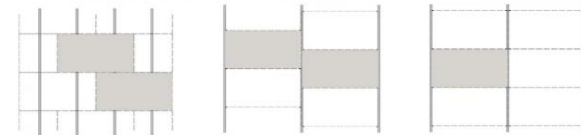


Figura 2.37: Paneles colocados horizontalmente mediante dos juntas continuas
Fuente: Sistema Masa, 2021

De las diferentes formas para anclar un sistema de fachada ventilada como las que se presentaron anteriormente, se aplicará la más conveniente a la propuesta de rediseño ajustándose a las necesidades del proyecto.

2.6.4 PASSIVE HOUSE – EDIFICIO DE VIVIENDAS PARA 4 AMIGOS / LUSSI + PARTNER AG + LOLA DOMENECH

- **Año:** 2019
- **País:** España
- **Área de construcción:** 913 m²

Al igual que el proyecto anterior, el presente caso de estudio se encuentra emplazado en la ciudad de Barcelona, motivo por el cual los aspectos externos como las condiciones climáticas son semejantes.

El planteamiento y construcción de la edificación apuesta por un diseño de calidad, pasivo y sostenible que se emplaza en un terreno de 6 m por 30 m de largo.



Figura 2.38: Edificio de viviendas para 4 amigos / Lussi + Partner AG + Lola Domenech
Fuente: Plataforma Arquitectura, 2021

Las fachadas exentas de medianeras se componen de postigos (quebrasones) plegables y deslizantes de madera que caracterizan las envolventes del edificio, mismas que garantizan la ventilación cruzada y la iluminación de los espacios interiores puesto que, permiten tamizar la luz en las terrazas y mejorar el confort térmico (Domenech & Partner, 2019).



Figura 2.39: Extensión del área social
Fuente: Plataforma Arquitectura, 2021

El edificio tiene una clasificación energética A, esto quiere decir que consume menos de 50 kW/m² al año (Célere, 2019) puesto que, la vivienda fue construida mediante un diseño pasivo que mejora la eficiencia del consumo de energía.



Figura 2.40: Postigos plegables y deslizantes
Fuente: Plataforma Arquitectura, 2021

El diseño, la permeabilidad de vientos y de iluminación que brindan estos quebrasones son considerados para la propuesta de rediseño puesto que, a más de lo antes mencionado, generan una cámara de aire entre los postigos y las ventanas, generando un efecto chimenea al igual que la fachada ventilada y de esta manera, evitar aún más las ganancias térmicas hacia el interior de la vivienda.

PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO Y PROPUESTA DE REDISEÑO

CAPÍTULO 3



CONTENIDOS

Fase de reconocimiento y caracterización
de la vivienda

Rediseño en base a estrategias pasivas
de acondicionamiento ambiental



INTRODUCCIÓN

“El paso previo a una intervención sobre edificaciones existentes, con el objeto de lograr incrementar las prestaciones de eficiencia en el uso de recursos y energía, es el conocimiento del propio edificio” (Barbero et al., 2013)

En este capítulo se analiza el contexto en el cual se emplaza la vivienda unifamiliar y objeto de estudio para esta investigación, partiendo de la fase de reconocimiento y caracterización de la vivienda, así como la realización del levantamiento arquitectónico y la evaluación del estado constructivo.

Además, en este capítulo se realiza una propuesta de rediseño partiendo del caso de estudio en base a estrategias pasivas de climatización y de diseño factibles en clima tropical ecuatorial, que a su vez permitan aprovechar lo que ofrece el medio disminuyendo la dependencia de las instalaciones para alcanzar el confort deseado.



Figura 3.1: Cómo se construye una vivienda sana
Fuente: Arquimaster, 2018

3.1 FASE DE RECONOCIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LA VIVIENDA

Según el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (Comité de DESC), las condiciones para que una vivienda sea digna, no consiste en ser solamente un lugar de acogida, estas deben estar emplazadas en espacios seguros y lejos de la contaminación, donde se permita el fácil acceso a los servicios de salud, educación, empleo y transporte, además de estar rodeado de comunidades productivas en las cuales se puedan desarrollar actividades comerciales. De igual forma, deben estar bajo condiciones de confort térmico, iluminación natural y ventilación, procurando el menor consumo eco energético, ya que sin duda el factor económico como el medio ambiental es muy importante.

Con el propósito de conocer y analizar las características de una vivienda y en especial las del caso de estudio propuesto para el presente trabajo, se deben recopilar principalmente la metodología y los criterios arquitectónicos bioclimáticos.

3.1.1 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La vivienda utilizada como caso de estudio, fue seleccionada principalmente por su dimensión y

distribución característica para una familia promedio, la cual según el INEC en el último Censo de Población y Vivienda (CPV) en el 2010 corresponde a 4 miembros, también por su materialidad recurrente de viviendas, número de personas que la habitan, consumo eléctrico mensual, ubicación y clima tropical ecuatorial, además de ser el caso base para la etapa comparativa con el rediseño de la vivienda.

Como se mencionó anteriormente, esta vivienda se encuentra localizada en la ciudad Portoviejo, en la Urbanización “Arco Iris” con las siguientes coordenadas: a $-1^{\circ}00'56.9''S$ - $80^{\circ}28'18.5''W$.



Figura 3.2: Caso de estudio, Portoviejo – Ecuador
Fuente: Autores

Con respecto al análisis del sitio, el emplazamiento del terreno rota en sentido antihorario a 55° con respecto al norte, lo que le brinda un soleamiento a lo largo del año hacia las secciones longitudinales. Por otra parte, en cuanto a la dirección y velocidad de los vientos, estos llegan desde el suroeste generalmente entre el rango de 5 km/h y 12 km/h a lo largo del año.

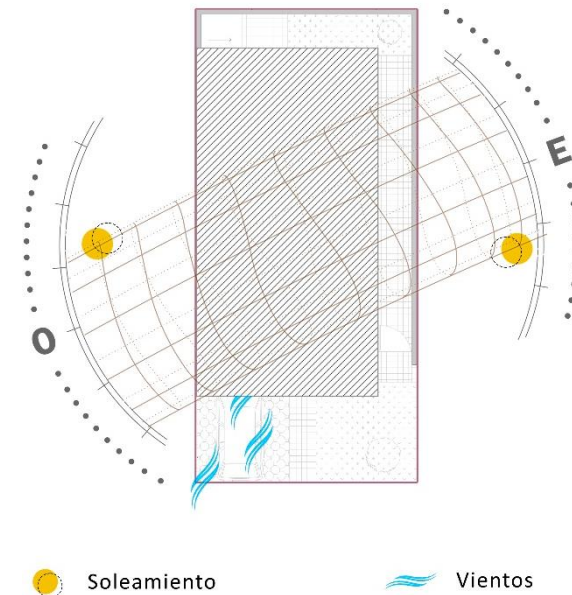


Figura 3.3: Análisis del sitio
Elaboración: Propia

3.1.2 LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO

Esta vivienda de clase media se edifica en dos plantas arquitectónicas con un área de 116,44 m² de terreno, de lo cual, la planta baja se desarrolla en 53,30 m² y la planta alta en 60,88 m². El emplazamiento del inmobiliario cuenta con 3 retiros, uno frontal de 5 m, uno posterior de 3 m y un lateral izquierdo de 1,20 m, los muros son de bloque de hormigón, la cubierta es de acero galvanizado pre pintado con forma de teja tradicional, la estructura de la misma es de acero y de la edificación es de hormigón armado.

3.1.2.1 Planta Baja

La planta baja agrupa los espacios sociales como sala y comedor, mientras que la cocina y el estudio se independizan. La circulación es ortogonal y eficiente. La zona húmeda se agrupó en dos paños estructurales hacia la parte trasera del edificio. La ventilación e iluminación natural ingresan por la fachada frontal y posterior; sin embargo, la circulación vertical y el baño social ubicado bajo esta, cuentan con 1,20 m de espacio del retiro para permitir el ingreso de la luz.

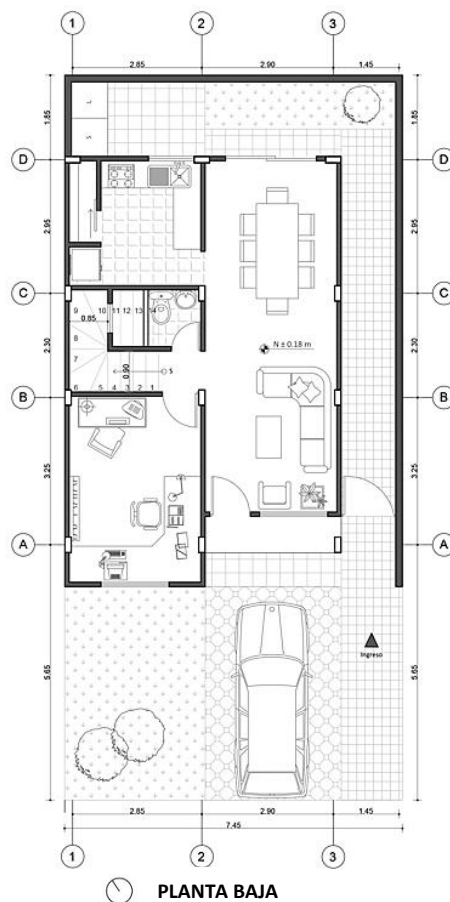


Figura 3.4: Caso de estudio – Planta Baja
Elaboración: propia

3.1.2.2 Planta alta

La segunda planta agrupa todo el espacio privado conformado por 3 habitaciones y dos baños, posee un volado de 85 cm en la parte

posterior y uno de 80 cm sobre el vestíbulo. También, se genera un segundo vestíbulo interior que dirige la circulación vertical hacia las habitaciones.

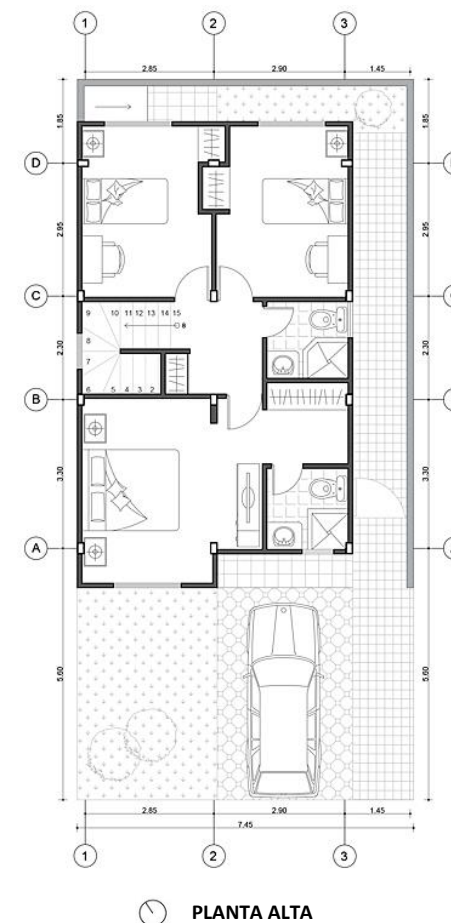


Figura 3.5: Caso de estudio – Planta Alta
Elaboración: propia

3.1.2.3 Modelado 3D

Para el modelado de la edificación en 3D se utilizó GRAPHISOFT ArchiCad.

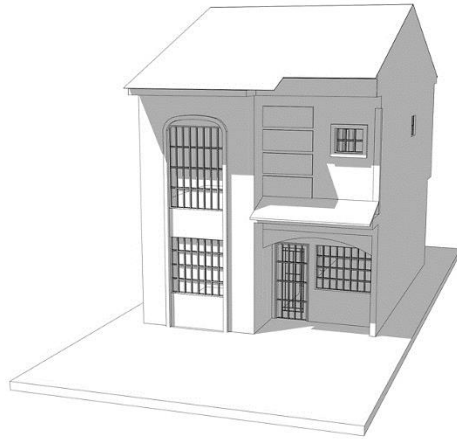


Figura 3.6: Caso de estudio – Modelado 3D en ArchiCad
Elaboración: propia

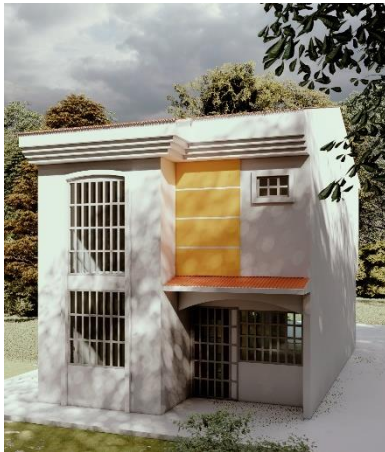


Figura 3.7: Caso de estudio – Render 3D en Lumion
Elaboración: propia

3.2 FASE DE REDISEÑO EN BASE A ESTRATEGIAS PASIVAS DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL

Proponer un nuevo proyecto con el concepto de “casa ideal” en base a una edificación ya construida, tal vez sea el mayor reto de un arquitecto y más aún si se busca realizarla bajo estrategias pasivas y de menor consumo energético en clima tropical ecuatorial.

En esta fase, se buscan plantear soluciones diferentes y no convencionales en el rediseño del caso de estudio, con el objetivo de aprovechar al máximo lo que ofrece el medio, reduciendo de esa forma la dependencia de las instalaciones para alcanzar el confort deseado. Se podría decir que, estas estrategias heredan la sabiduría de la arquitectura tradicional proveniente de nuestros ancestros, donde la elección de los materiales, la orientación, las proporciones, la ventilación y la iluminación natural son esenciales para el diseño de una vivienda práctica, funcional y ahorrativa.

3.2.1 CRITERIOS PASIVOS DE DISEÑO

Los criterios pasivos de diseño que se seleccionan se ven condicionados por la zona climática en la que se encuentra emplazado el proyecto las soluciones arquitectónicas que

aportan los casos de estudio, enfocando de esta manera a disminuir la temperatura interior, mantener ventilado el ambiente interno y consumir menor cantidad de energía.

- **Cubiertas y fachadas ventiladas**

En vista de que el proyecto se emplaza en una zona climática húmeda muy calurosa con temperaturas durante el transcurso del año que varían de 21 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 32 °C en la mayor parte del año, es esencial evitar la ganancia térmica de muros y cubierta; por lo cual, para ello se plantea parte de la fachada frontal y la cubierta mediante ventilación cruzada, contribuyendo en gran medida a mantener la vivienda en un rango menor de temperatura con respecto al interior.

- **Quiebrasoles**

Debido a que las fachadas poniente y oriente de la propuesta quedan expuestas a radiación solar directa, se considera el uso de quiebrasoles, con el fin de generar una cámara de aire entre el material de los mismos y las ventanas, produciendo un efecto de fachada ventilada ayudando a disipar las ganancias de radiación solar y mantener así el interior de los espacios más frescos; a diferencia de usar cortinas, puesto que, el espacio que se genera entre las

mismas y las ventanas generarían el efecto del muro Trombe calentando los espacios internos.

- **Vanos amplios**

Se decide plantear grandes aberturas estratégicas en las fachadas importantes (frontal y posterior) con el fin de maximizar la entrada de luz y ventilación natural, cuidando en todo momento la captación interna de radiación y ganancias térmicas mediante bloqueos solares.

- **Aleros**

Se plantean con el objetivo de brindar sombra a los vanos situados principalmente en la fachada poniente (suroeste) y en la fachada oriente (noreste), procurando evitar en lo posible el soleamiento de las mismas y reducir las ganancias térmicas en clima tropical ecuatorial.



Figura 3.8: Caso de estudio - Ubicación
Elaboración: Google Maps, 2021

3.2.2 PROPUESTA DE REDISEÑO

Para facilitar la lectura y comparación de los dos proyectos (caso de estudio y propuesta de rediseño) a nivel arquitectónico como en la fase de análisis bioclimáticos, se ha seleccionado el capítulo 3 para presentar las características arquitectónicas de cada uno y el capítulo 4 para los análisis pertinentes.

Como parte de la búsqueda por un diseño eficiente que cumpla con mejores condiciones de confort y optimización de la energía, se ha propuesto un nuevo proyecto que se asemeja al caso de estudio, con el fin de estudiarlo y analizar su rendimiento pasivo como energético.

En este rediseño del caso de estudio, se tomaron como referencia los m^2 de construcción y del terreno, orientación, además de conservar las diferentes zonas de la vivienda. A partir de ello, se procedió a rediseñar la planta baja, la planta alta, la planta de cubierta y el modelado 3D de la siguiente manera:

3.2.2.1 Planta baja

Tiene un área de construcción de $58,60 m^2$ y consiste en un ingreso principal que da a la sala ($10,70 m^2$), la misma que dispone de ventanas frontales. Siguiendo por el hall, se puede observar una caja de vidrio con puertas corredizas en sus laterales ($3,10 m^2$) a fin de que

se genere una fuente de luz interna y a su vez brinde accesibilidad a una pequeña vegetación y al retiro lateral derecho de la vivienda. Cabe mencionar que, al tener incidencia solar durante todo el año se le adaptaron lamas horizontales plegables en forma de protección solar. Continuando, se encuentra ubicado el comedor ($8,10 m^2$), el cual tiene acceso al patio posterior en donde está ubicada la lavandería. Regresando a la entrada principal, su lado izquierdo dispone de un cuarto de estudio ($8,10 m^2$) con sus respectivos ventanales y quiebrasoles en la parte frontal con vista hacia el estacionamiento, separado de la sala por medio de una pared divisoria de madera para una mayor permeabilización. Avanzando por el pasillo, se ubica el baño social ($1,90 m^2$) el cual dispone de una ventana alta únicamente para iluminación, utilizando extractores para disipar los olores, junto al baño se encuentran las escaleras flotantes, las cuales se apoyan a otra pared divisoria de madera con la cocina para brindar una mejor circulación del viento. En cuanto a la cocina ($8,55 m^2$), presenta una ventana alta que da hacia la lavandería ($1,60 m^2$), brindando iluminación y ventilación en esta área. Cabe recalcar que, para llegar al resultado de este rediseño se consideraron y aplicaron las estrategias pasivas correspondientes a una zona climática húmeda muy calurosa analizadas en el capítulo dos.

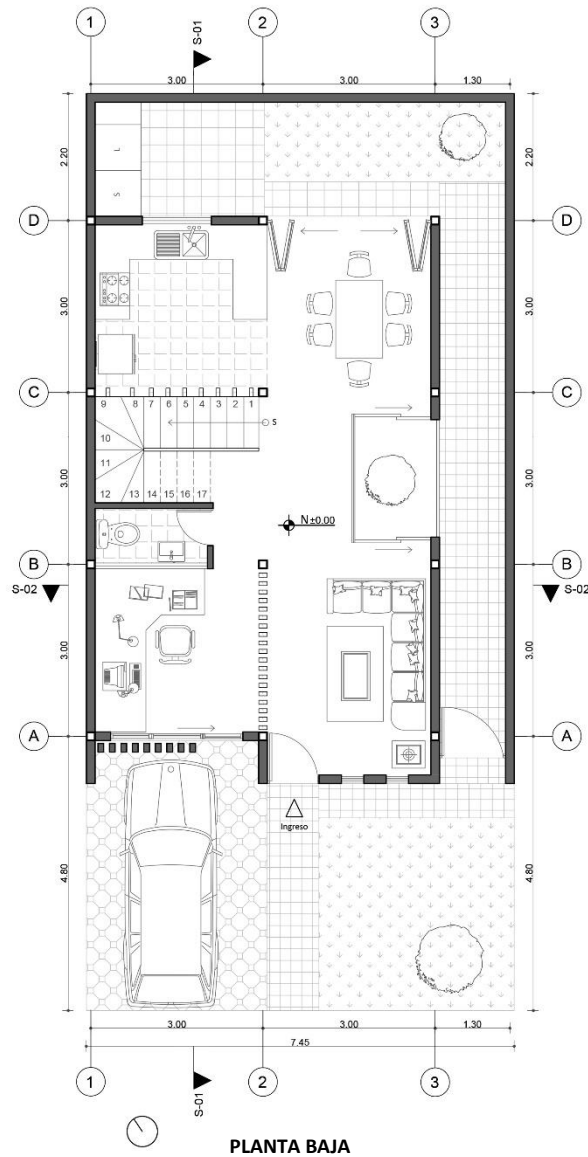


Figura 3.9: Propuesta de rediseño – Planta baja
Elaboración: Propia

3.2.2.2 Planta alta

Tiene un área de construcción de 66,18 m². Esta planta contiene un dormitorio máster (20 m²), el cual se encuentra iluminado y aireado por un gran ventanal que da hacia un pequeño balcón en la parte frontal de la vivienda delimitado por una pared falsa de quebrasoles, además, cuenta con su baño privado (6,25 m²) bien iluminado por su cubierta ventilada.

Por consiguiente, se visualiza un baño compartido (4,75 m²), dos dormitorios simples (8,15 m² c/u) bien iluminados y con vista hacia el patio exterior, donde sus ventanas de igual forma poseen quebrasoles con el fin de aprovechar una adecuada luz natural; además un gran espacio vacío rodeado de vidrio (3,10 m²) que por motivos del patio situado en la planta baja se proyecta hasta la planta alta. Como dato importante, este patio interno fue diseñado con el fin de iluminar y ventilar, tomando en cuenta que la radiación solar directa es un problema, por lo cual las lamas horizontales que existen en planta baja, alta y la vegetación brindan protección ante ello.

En síntesis, gracias a esta nueva propuesta de rediseño, se tienen como resultados una mayor ganancia de iluminación natural y adecuada ventilación en todas las zonas planteadas, además de la aplicación de fachadas ventiladas.

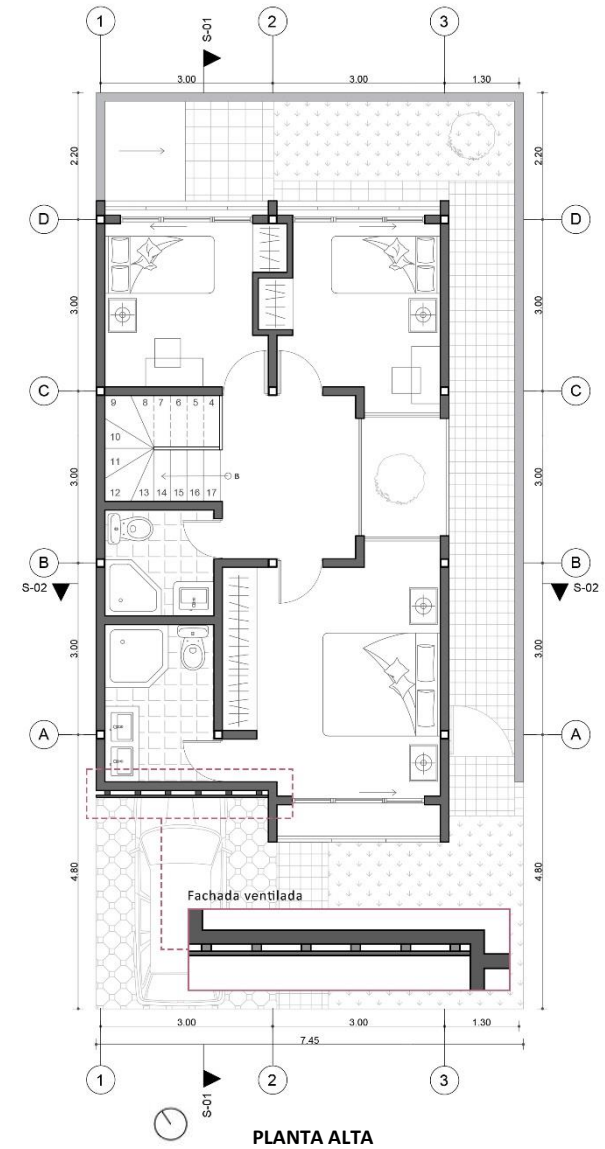


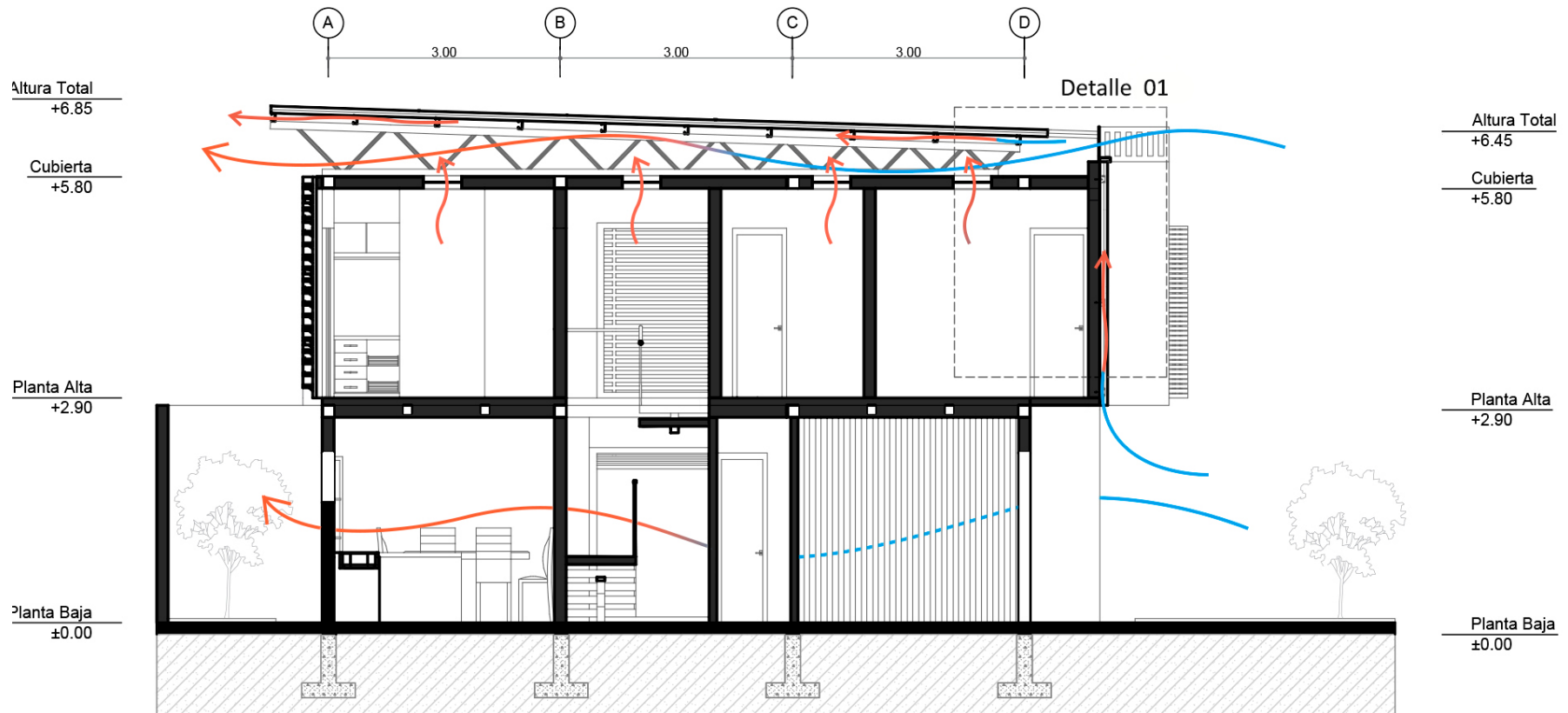
Figura 3.10: Propuesta de rediseño – Planta alta
Elaboración: Propia

3.2.2.3 Secciones constructivas

La sección 01 enfatiza la ventilación cruzada que se desarrolla especialmente en la cubierta, así como los quiebrasoles, amplios vanos, fachada ventilada y aleros presentes en la vivienda.

El objetivo de este sistema es conseguir que el aire caliente sea expulsado hacia el exterior por el llamado efecto convectivo o efecto “stack”, el cual para este proyecto funciona mediante rejillas abatibles que se abren y se cierran hacia la ventilación de la cubierta, evitando ganancias

térmicas hacia el interior de la vivienda. Este sistema de rejillas fue seleccionado debido a que es indispensable conseguir que el interior de la vivienda sea hermético puesto que, en los días mas calurosos el efecto stack no será suficiente, siendo necesario el uso de refrigeración mecánica.



SECCIÓN 01

Figura 3.11: Propuesta de rediseño - Sección longitudinal S – 01
Elaboración: Propia

En cuanto a la sección 02, se plantea el sistema BIPV con Dipanel DP5 Galvalume debido a que representa una solución sencilla y eficiente para el anclaje de la subestructura que soportará los paneles PV, creando a su vez una cámara de aire.



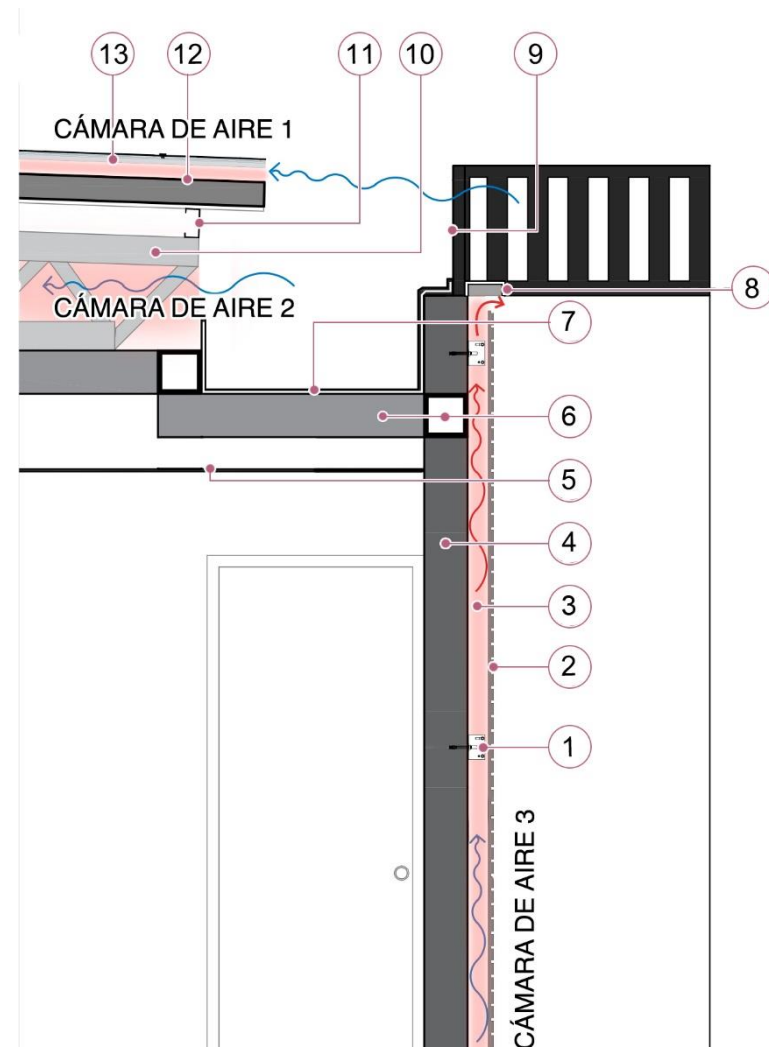
SECCIÓN 02

Figura 3.12: Propuesta de rediseño - Sección transversal S – 02
Elaboración: Propia

Detalle Constructivo

Simbología

1. Anclajes para placas de fibrocemento
2. Plancha de fibrocemento "sindig machimbrado" para fachadas
3. Cámara de aire (vacío)
4. Muro de hormigón
5. Cielo raso de gypsum
6. Estructura de acero
7. Canal para bajantes de agua
8. Perfil C de acero 140 x 50 x 1 mm
9. Rejilla de acero
10. Cercha de acero 0,30 m en sección inicial y 0,60 m en el final
11. Perfil G de acero 100 x 50 x 15 x 2 mm cada 100 cm
12. Dipanel DP5 Galvalume 0,90 mm
13. Subestructura de aluminio para paneles PV



DETALLE 01

Figura 3.13: Detalle constructivo 01 de fachada y cubierta ventilada
Elaboración: Propia

3.2.2.4 Detalle constructivo

Como parte de las estrategias pasivas se proponen tres cámaras de aire, dos de ellas se ubican en la cubierta como se observa en la Figura 3.11. La cámara 1 se genera en el espacio entre los paneles PV y la Dipanel DP5 Galvalume, provocando el efecto de fachada ventilada y la cámara 2 funciona principalmente con ventilación cruzada puesto que, su sección es mayor. Por otro lado, la cámara 3 funciona de fachada ventilada entre la plancha de fibrocemento y el muro mediante elementos verticales que sirven de anclaje y de separador.

3.2.2.5 Modelado 3D

Una vez realizadas las propuestas de las dos plantas del rediseño, se procedió a dibujar el 3D con su respectivo sistema estructural, el cual consiste en cajas metálicas (columnas) de 0,15 cm x 0,15 cm con una luz de 3 m entre ellas.

La altura de piso a cielo raso de la planta baja es de 2,70 m y de la planta alta es de 2,70 m por motivos de que, al ser una vivienda emplazada en clima tropical ecuatorial por temas de ventilación requiere de mayor altura que a diferencia de las edificaciones ubicadas en climas fríos.

En cuanto a los colores de la edificación, se procuró usar pintura de emulsión blanca y

colores claros puesto que, se caracterizan por minimizar las ganancias de calor por conducción.

La cubierta y las fachadas al ser elementos de la envolvente más críticos en zona climática húmeda muy calurosa por transferir la mayor cantidad de calor hacia el interior de una vivienda, se resuelven mediante sistemas ventilados y quebrasoles, cuya materialidad es de madera vista para exteriores.

La tipología de la vivienda es continua, perteneciendo a un conjunto de proyectos en hilera, motivo por el cual las soluciones arquitectónicas para los laterales son limitadas, siendo poco eficiente la aplicación de un sistema de fachada ventilada a diferencia de la fachada frontal; sin embargo, el patio interior propuesto junto al retiro lateral derecho de 1,20 m contribuye con la iluminación y ventilación interior.



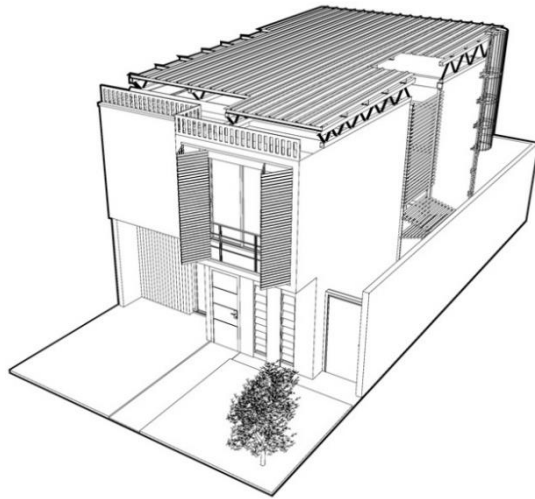
Figura 3.14: Propuesta de rediseño – Tipología continua
Elaboración: Propia



Figura 3.15: Propuesta de rediseño - Vista frontal
Elaboración: Propia

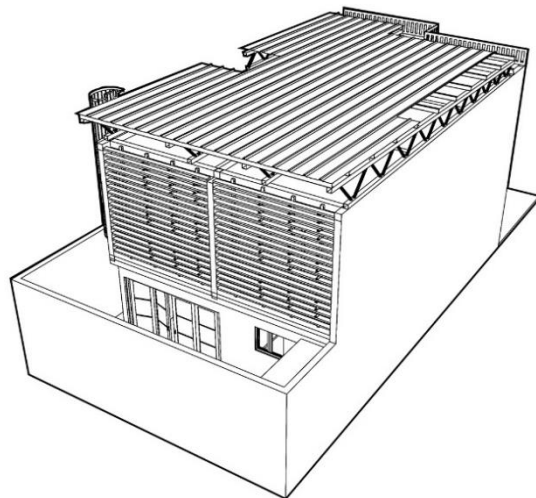
3.2.3 CUBIERTA CON TECNOLOGÍAS BIPV (CUBIERTAS VENTILADAS)

La solución constructiva que se ha escogido, consiste en el uso de cerchas de acero con el fin de ventilar la cubierta. Estas cerchas cuentan con una sección inicial de 30 cm para el ingreso del viento desde el suroeste (fachada frontal) y una final de 60 cm para la salida del mismo; se asientan sobre la estructura de la edificación y sobre ellas la placa Dipanel DP5 Galvalume en la cual mediante una subestructura de 10 cm de alto soportará los paneles PV. La mayor ventilación se consigue mediante el uso de las cerchas; sin embargo, esta estructura que soportará los paneles también generará viento bajo los mismos, esto es importante debido a que los paneles reducirán su eficiencia con el aumento de la temperatura.



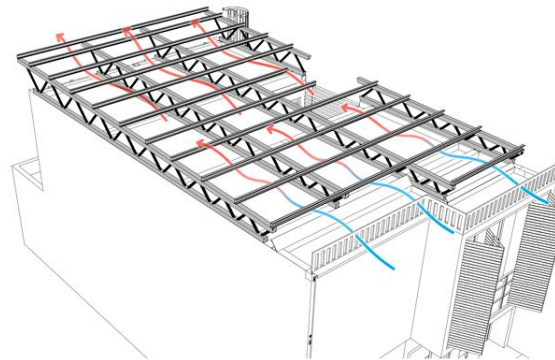
PERSPECTIVA AÉREA

Figura 3.16: Propuesta de rediseño - Perspectiva aérea
Elaboración: Propia



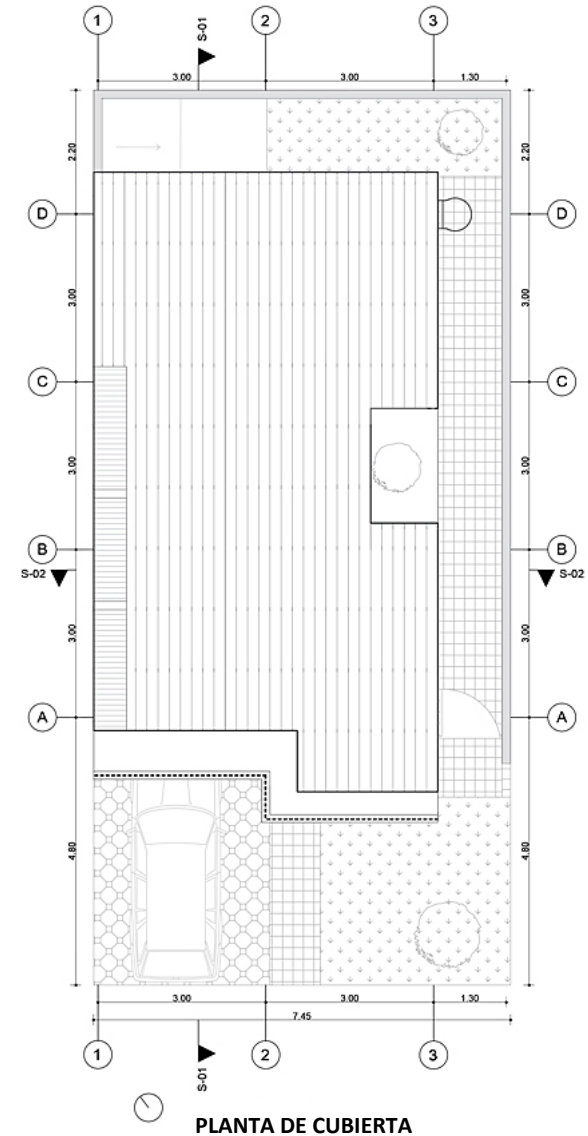
PERSPECTIVA AÉREA

Figura 3.17: Propuesta de rediseño - Perspectiva aérea
Elaboración: Propia



ESTRUCTURA DE CUBIERTA VENTILADA

Figura 3.18: Propuesta de rediseño - Cubierta ventilada
Elaboración: Propia



PLANTA DE CUBIERTA

Figura 3.19: Propuesta de rediseño - Planta de cubierta
Elaboración: Propia



Como estrategia adicional de diseño, se realizó la sustracción de un volumen hacia el interior de la vivienda a manera de un ajardinamiento, con el fin de incrementar la iluminación y la ventilación natural; además, de instalar un lucernario en la cubierta para iluminar el baño máster, el baño social y la circulación vertical, siendo áreas que no cuentan con el ingreso de luz natural debido a la medianera que los condiciona.



Figura 3.20: Propuesta de rediseño - Perspectiva aérea de la cubierta
Elaboración: Propia

ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DEL CASO DE ESTUDIO Y PROPUESTA DE REDISEÑO

CAPÍTULO 4





CONTENIDOS

Análisis bioclimático y evaluación del confort
térmico del caso de estudio

Análisis bioclimático y evaluación del
confort térmico de la propuesta
de rediseño

Fase de simulación de
rendimiento PV BIPV

INTRODUCCIÓN

“Todo es diseño, y la calidad del diseño afecta la calidad de nuestras vidas” (Foster, 2010).

Para este capítulo, se realizan los análisis bioclimáticos del caso de estudio mediante varios softwares especializados en temas de comportamiento energético y medioambiental, los cuales abarcan la afcción por sombras y el recorrido solar en sus respectivos solsticios y equinoccios (Autodesk Ecotect Analysis), el análisis de temperatura y humedad (DesignBuilder), el análisis del consumo energético (DesignBuilder) complementado con los datos reflejados en las planillas eléctricas de la vivienda base en dos periodos: mensual y anual correspondiente a la etapa de pre-pandemia y pandemia actual equivalente a los años 2019, 2020 y 2021 y el análisis de iluminación natural (DesignBuilder), con el objetivo de identificar los escenarios más críticos y las condiciones más óptimas de la vivienda tipo.

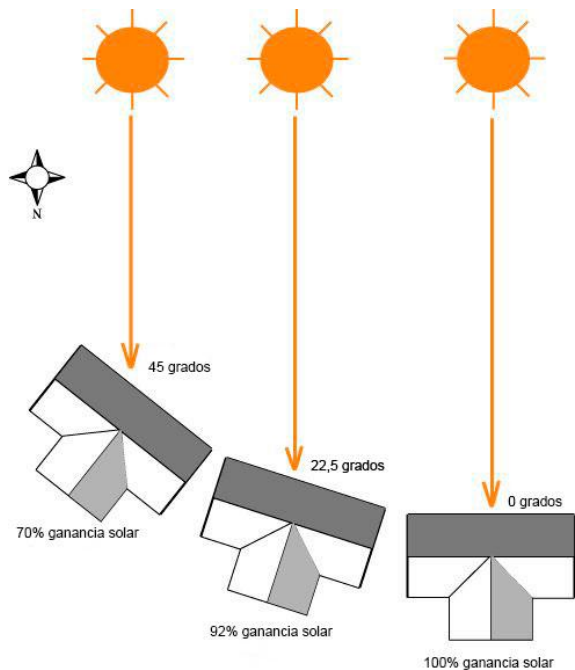


Figura 4.1: Diseño de una casa solar pasiva habitable
Fuente: Barnes, 2010

Posteriormente, en el rediseño se realizan las mismas fases de simulación mencionadas anteriormente con la intención de comprobar la factibilidad de aplicar diversas estrategias pasivas en el diseño arquitectónico de una edificación emplazada en zona climática húmeda muy calurosa. Cabe recalcar que, estos análisis bioclimáticos son simulados en períodos mensuales para determinar el estándar Net Zero y Plus Energy House. Además, en esta sección, se incluye la evaluación del abastecimiento de paneles PV (SAM) con referencia a la demanda energética simulada.

Entre otro punto a desarrollar, se consideran los resultados obtenidos de las simulaciones del comportamiento energético tanto del caso de estudio como de la propuesta de rediseño para sus respectivas comparaciones, a fin de verificar si se han alcanzado los resultados deseados.

Como último punto, se procede a calcular el retorno de la inversión de la compra e instalación del sistema PV en base a los consumos eléctricos anuales simulados de la propuesta de rediseño, es decir, tomar como cantidad de pago el dinero invertido en energía eléctrica anual y con ello determinar el número de años necesarios para cubrir la inversión del sistema PV.

4.1 ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO Y EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO DEL CASO DE ESTUDIO

Para conseguir que una vivienda sea sostenible en el ámbito social, económico y medioambiental, es necesario realizar primero un estudio bioclimático con el fin de obtener como principal estrategia las formas de reducir la demanda energética (Ramoneda, 2016).

Como dato importante, para los siguientes análisis a realizar en DesignBuilder, es necesario el uso del fichero climático de la ciudad de estudio (Portoviejo) en archivo digital con extensión epw. Sin embargo, debido a que las actualizaciones de estos archivos no son muy constantes en el país, se utilizó la última versión correspondiente al año 2018 proporcionado por el INAMHI que contiene la recopilación meteorológica de la ciudad a lo largo del año.

Los análisis que se realizarán a continuación abarcan los siguientes puntos esenciales:

- **Análisis de soleamiento y estudio de sombras (Autodesk Ecotect Analysis):** Comprende el análisis de soleamiento y su incidencia en las diferentes fachadas de la edificación con el fin de determinar las áreas más susceptibles a ganancias térmicas.
- **Análisis de temperatura y humedad (DesignBuilder):** Los resultados de temperatura y humedad dependen en gran medida de los análisis anteriores, sobre todo de la incidencia directa del sol hacia las superficies interiores.
- **Análisis de CFD (DesignBuilder):** Permite evaluar de manera detallada las condiciones ambientales en los espacios interiores (calidad del aire, velocidad, presión, tasa efectiva de renovación), considerando la ventilación natural y/o mecánica, los sistemas de climatización (si los hay), las fuentes de calor, movimiento del aire y la distribución de temperaturas.
- **Análisis del consumo energético (DesignBuilder):** Comprende un estudio detallado de los diferentes tipos de consumo energético en el hogar tales como de iluminación, refrigeración, tomacorrientes y agua caliente. Sin embargo, también se analiza el consumo que produciría sustituir el uso de recursos fósiles como el GLP y la gasolina por electricidad.
- **Análisis de iluminación natural (DesignBuilder):** Define el grado de autonomía lumínica interior de la edificación al tomar en cuenta los diferentes vanos y materiales de los cerramientos. Además, constituye un análisis complementario al del consumo energético debido a que, a mayor captación de luz natural se consigue menor dependencia de electricidad.

En síntesis, los análisis descritos anteriormente sirven para determinar la situación actual del caso de estudio y evaluar el grado de dependencia energética de la propuesta de rediseño a través de las estrategias pasivas aplicadas a la edificación.



4.1.1 ANÁLISIS DE SOLEAMIENTO Y ESTUDIO DE SOMBRAS

Para la realización de este apartado, se utiliza el software Autodesk Ecotect Analysis y se considera el emplazamiento real del caso de estudio con la finalidad de analizar la incidencia solar en las superficies que componen la edificación, así como las sombras generadas en los dos solsticios del año, ya que es aquí en donde el sol alcanza su punto máximo de recorrido hacia el norte y hacia el sur del Ecuador.

4.1.1.1 Caso de estudio (orientación a 145° antihorario)

Partiendo desde la ubicación real del caso de estudio (145° antihorario), el emplazamiento analizado en base a los solsticios del año que ocurren en junio (verano) entre los días 20 o 21 y en diciembre (invierno) entre los días 21 o 22 considerados los días en los que el Sol está más al norte o al sur del Ecuador, para el 21 de junio se pudo visualizar que la mayor parte de radiación solar es captada en el transcurso de la mañana hasta el mediodía sobre todo en la fachada posterior (ver Figura 4.2) mientras que, en el poniente no existe mayor situación desfavorable especialmente porque el soleamiento se dirige hacia la medianera.

Por otra parte, a medida que se aproxima el solsticio de invierno, la mayor captación de radiación solar proviene del poniente hacia la fachada frontal, llegando a su pico más alto el 21 de diciembre (ver Figura 4.3).



CASO DE ESTUDIO
ORIENTACIÓN A 145°
ANTIHORARIO

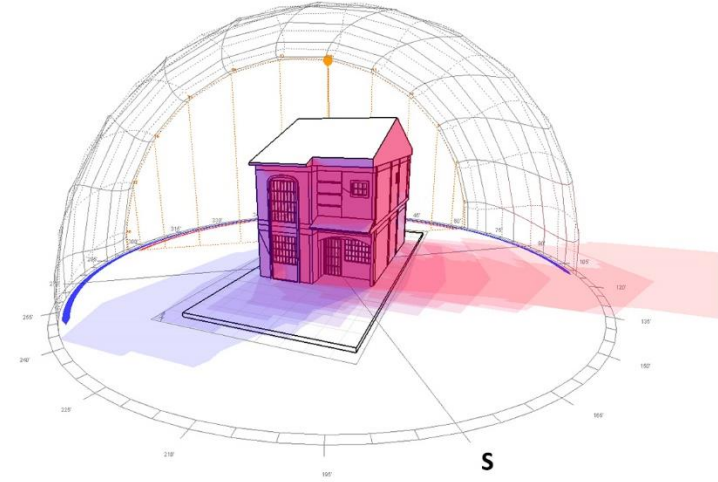
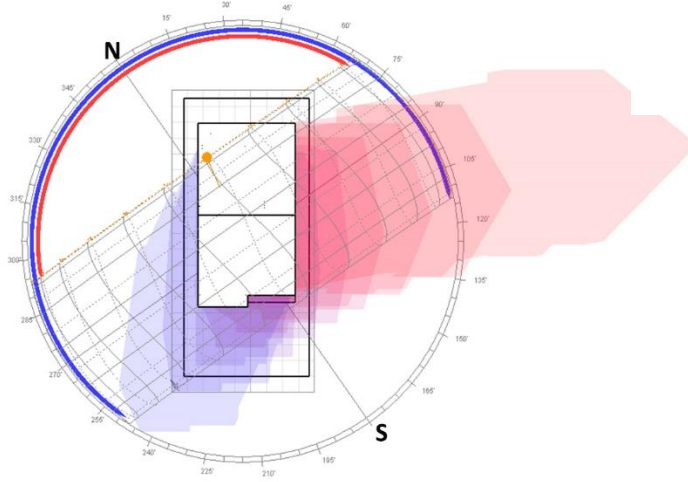
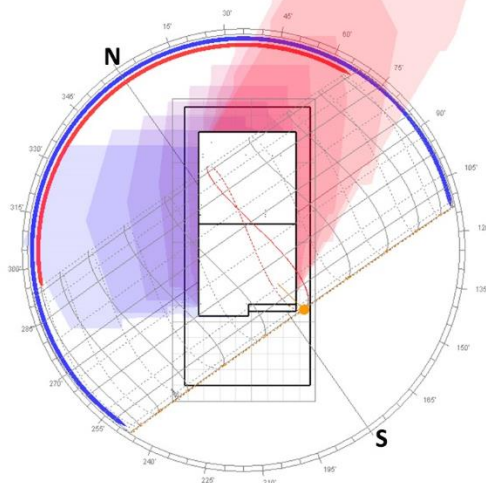


Figura 4.2: Representación de sombras – Solsticio de verano 21 de junio (planta y 3D)
Fuente: Autodesk Ecotect Analysis



- Sombras de 09:00 am a 12:00 pm
- Sombras de 12:00 pm a 17:00 pm

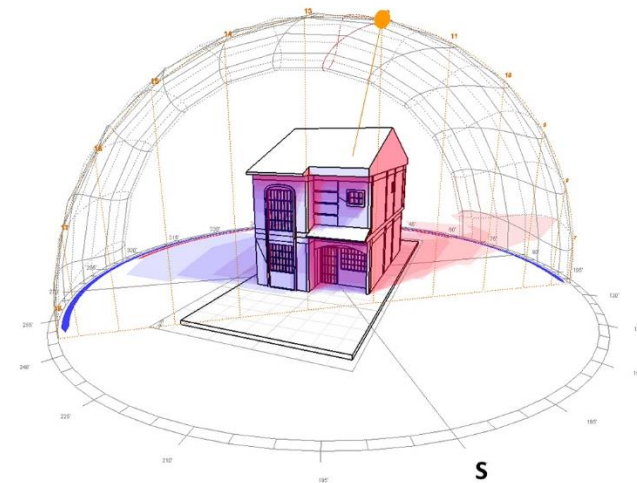


Figura 4.3: Representación de sombras – Solsticio de invierno 21 de diciembre (planta y 3D)
Fuente: Autodesk Ecotect Analysis

4.1.2 ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Para el presente apartado mediante el software DesignBuilder, se realizó el análisis de temperatura y humedad del caso de estudio con su emplazamiento real (145° antihorario) en el transcurso de un año calendario, considerando la respectiva tasa de renovaciones del aire de acuerdo a la hermeticidad de su envolvente y en base a los siguientes parámetros: número de personas que la habitan (4), actividades que se realizan en cada espacio (cocinar, lavar, descansar, ocio, trabajar, estudiar, bañarse, entre otros) con sus respectivos horarios de uso para evaluar la carga térmica y cuanto afecta al mismo y equipos existentes (lavadora, refrigeradora, microonda, televisores, computadoras, aires acondicionados, entre otros), obteniendo los resultados mes a mes que se reflejan en la Tabla 4.3 los cuales abarcan la temperatura interior del aire, la temperatura operativa (promedio de la temperatura del aire y de la temperatura radiante de la envolvente) y la humedad relativa, valores que serán comparados posteriormente con los obtenidos en el análisis de la propuesta de rediseño.

Cabe recalcar que, el software DesignBuilder tiene la opción de ventilación natural

Programada, la cual consiste en definir directamente la tasa de renovaciones de aire para las diferentes zonas de la vivienda, así como una programación que permite modificar dicha tasa en el tiempo (Ordóñez, 2014); es por ello que, para dicho análisis, se utilizaron como referencias las renovaciones por hora (ren/h) establecidas en la Norma DIN 1946 (Casals, 2019) aplicadas al sector residencial o doméstico reflejados en la siguiente tabla:

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES DE AIRE POR HORA	SECTOR
Armarios roperos	4 - 6	RESIDENCIAL O DOMÉSTICO
Cocinas residenciales	10 - 15	
Cuartos de baño	5 - 7	
Duchas	15 - 25	
Habitaciones residenciales	3 - 8	
Inodoro residencial	4 - 5	

Tabla 4.1: Número aconsejable de renovaciones en locales tipo
Fuente: Casals, 2019

Por otra parte, según el Portal de eficiencia energética y sostenibilidad en arquitectura y edificación, el confort térmico representa la sensación de satisfacción de los usuarios en los edificios con el ambiente térmico que les rodea. Cabe recalcar que, “el rango de confort se extiende de alrededor de 20 °C en invierno a alrededor de 25 °C en verano” (Blender, 2015).

A partir de lo antes mencionado y con el soporte de una encuesta de manera directa a los habitantes del hogar de estudio sobre la

apreciación de la sensación térmica, se ha creado la tabla 4.2 con el fin de interpolar los rangos de temperatura y su respectivo nivel de confort. Al sistema empleado se lo denomina “Método de Intervalos Promedios de Sensación Térmica (IPST)” (Herrera, 2013).

TEMPERATURA °C	SENSACIÓN TÉRMICA
20 - 22	Rango de confort (Invierno)
22 - 24	Ni frío ni calor
24 - 26	Rango de confort (Verano)
26 - 28	Calor
28 - 30	Mucho calor
30 - 32	Exceso de calor

Tabla 4.2: Rangos de temperatura y confort térmico
Elaboración: Propia

En cuanto a la humedad relativa, representa un aspecto muy importante para alcanzar el confort térmico deseado puesto que, al ser baja (aire seco) absorbe la humedad de la piel y enfría el cuerpo de manera efectiva, contrario a porcentajes altos que preservan la humedad de la piel generando incomodidad y altas cantidades de sudor.

Por lo tanto, es recomendable para la salud humana una humedad relativa del aire entre los 30% a 40% como mínimo y 60% a 70% como máximo (Blender, 2015).



4.1.2.1 Caso de estudio - Planta baja

A partir de analizar la temperatura y humedad del caso de estudio mediante el software DesignBuilder (ver Anexo 22) se obtuvieron como resultados que, la temperatura promedio mensual interior del aire en planta baja es de 28,12 °C, en cuanto a la temperatura operativa el promedio mensual es de 28,09 °C y en cuanto a la humedad relativa equivale al 72,53% del promedio mensual (ver Tabla 4.3).

Con base a lo mencionado en la tabla 4.2, la sensación térmica que presenta actualmente la planta baja es desfavorable puesto que, se encuentra en el rango de mucho calor (28 °C – 30 °C) lo que genera gran dependencia de refrigeración.

De igual forma, la humedad relativa obtenida no se encuentra dentro de los parámetros previamente recomendados siendo 70% el máximo.

Nota: Los resultados obtenidos directamente del software han sido plasmados en la siguiente tabla de Excel en lugar de las imágenes que genera el programa por aspectos de escala de textos para su lectura, presentación e idioma, encontrándolos en los anexos para comprobación de los datos.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD - PLANTA BAJA			
MES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)	TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Enero	28,47	28,46	72,04
Febrero	28,71	28,76	73,13
Marzo	28,90	28,99	71,94
Abril	28,66	28,69	72,83
Mayo	28,54	28,54	71,39
Junio	27,83	27,75	73,69
Julio	27,76	27,66	73,68
Agosto	27,63	27,52	73,30
Septiembre	27,50	27,42	72,09
Octubre	27,67	27,57	72,99
Noviembre	27,63	27,55	73,01
Diciembre	28,17	28,13	70,32
TOTAL	337,47	337,04	870,41
PROMEDIO MENSUAL	28,12	28,09	72,53

Tabla 4.3: Resultados del análisis de temperatura y humedad - Planta baja
Fuente: DesignBuilder

4.1.2.2 Caso de estudio - Planta alta

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD - PLANTA ALTA			
MES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)	TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Enero	29,43	30,13	56,25
Febrero	29,71	30,54	56,45
Marzo	29,84	30,76	56,00
Abril	29,56	30,37	56,51
Mayo	29,41	30,14	56,03
Junio	28,95	29,43	58,62
Julio	28,87	29,31	58,10
Agosto	28,82	29,23	58,35
Septiembre	28,80	29,21	58,22
Octubre	28,83	29,26	58,12
Noviembre	28,81	29,22	58,71
Diciembre	29,16	29,75	55,76
TOTAL	350,19	357,35	687,12
PROMEDIO MENSUAL	29,18	29,78	57,26

Tabla 4.4: Resultados del análisis de temperatura y humedad – Planta alta
Fuente: DesignBuilder

En cuanto a los análisis de temperatura y humedad de la planta alta (ver Anexo 23) se obtuvieron como resultados que, la temperatura promedio mensual interior del aire es de 29,18 °C, en cuanto a la temperatura operativa el promedio mensual es de 29,78 °C y en cuanto a la humedad relativa equivale al 57,26% del promedio mensual (ver Tabla 4.4).

Con base a lo mencionado en el apartado 4.1.2, la sensación térmica que presenta actualmente la planta baja es desfavorable puesto que, se encuentra en el rango de mucho calor (28 °C – 30 °C) lo que genera gran dependencia de refrigeración.

En cuanto a la humedad relativa obtenida se encuentra dentro de los parámetros previamente recomendados.

- **ANÁLISIS DE CFD**

Para este apartado mediante el software DesignBuilder, se realizó el análisis de CFD del caso de estudio con su emplazamiento real (145° antihorario) a fin de evaluar de manera detallada las condiciones ambientales en los espacios interiores, considerando la ventilación natural y/o mecánica, las fuentes de calor y los sistemas de climatización (si los hay). Además, de calcular la velocidad, movimiento y evaluar la calidad del aire mediante el cálculo de la Antigüedad Media del Aire (LMA). Estos valores serán comparados posteriormente con los obtenidos en el análisis de CFD de la propuesta de rediseño.

En cuanto al flujo de movimiento y velocidad del viento dentro de la planta baja, DesignBuilder representa este análisis mediante líneas y flechas de colores (vectores), es así que, para la planta baja se puede observar la estanqueidad del aire (líneas azules) para zonas como la cocina, baño social y sala, sin embargo, existe un flujo constante del mismo que se desarrolla de manera principal en el estudio y comedor con una velocidad promedio de 0,5 m/s (ver Anexo 32).

En cuanto a la Antigüedad Media del Aire, se refleja con color anaranjado en toda la planta, la cual se mantiene entre 909,09 y 1 000

segundos (15 a 17 minutos) antes de ser sustituido completamente (ver Anexo 32).

Por otra parte, el viento en la planta alta se estanca con mayor facilidad debido a las divisiones entre los espacios y los vanos pequeños en las fachadas, teniendo una mayor cantidad de líneas azules; mientras que, la velocidad promedio general del aire se encuentra entre el rango de 0,2 m/s y 0,5 m/s (ver Anexo 33).

En cuanto a la Antigüedad Media del Aire, se refleja con color anaranjado en toda la planta, manteniendo las mismas características de la planta baja (ver Anexo 33).



4.1.3 ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO

- **RECOPIACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL**

En cuanto a consumo y demanda energética, estas están sujetas principalmente a la ubicación geográfica en la que se encuentran emplazadas las edificaciones, puesto que, están en función de las condiciones climatológicas de la zona.

Para el sector residencial, como es el caso de estudio en proyecto, las demandas son principalmente por consumo eléctrico (destinado para el abastecimiento de energía general de la vivienda incluyendo varios aires acondicionados), tomando como referencia los cargos tarifarios proporcionados por la ARCONEL.

a. CONSUMO ELÉCTRICO

Para el análisis de este apartado, se realizó una recopilación digital de las planillas del consumo eléctrico de una vivienda tipo con Código Único Eléctrico Nacional #1107317431 (número de medidor), las cuales reflejan los consumos de iluminación, de refrigeración y de agua caliente en dos escenarios: mensual y anual en un período entre la pre-pandemia hasta la actualidad (ver Anexos del 1 al 21). A partir de

ello, se pretende comparar dichos datos con los resultados calculados en el software DesignBuilder, además de también obtener a través de estas simulaciones resultados más desglosados del consumo energético.

a.1 Consumo promedio mensual por año

Para la caracterización anual desde el 2019 hasta el 2021, a través de la página virtual de la CNEL EP (Corporación Nacional de Electricidad) se procedió a consultar las planillas mensuales en cuanto al consumo eléctrico de la vivienda obteniendo los datos presentados en la Tabla 4.5, la cual determina que:

Para el año 2019 considerando los 3 últimos meses del año, el mes de mayor consumo es diciembre con 427 kWh y el de menos consumo es octubre con 347 kWh.

Para el año 2020 se evidencia que, el mes de mayor consumo es mayo con 852 kWh y el de menos consumo es diciembre con 293 kWh. Al tener recopilada la información completa de este año, se toma de referencia para comparar con los datos simulados en DesignBuilder del mismo caso de estudio.

Para el año 2021 considerando únicamente los 6 primeros meses del año se evidencia que, el mes de mayor consumo es junio con 835 kWh y el de menos consumo es enero con 603 kWh.

CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL						
MES	2019		2020		2021	
	CONSUMO (kWh)	COSTO (\$)	CONSUMO (kWh)	COSTO (\$)	CONSUMO (kWh)	COSTO (\$)
Enero	-	-	479	47,50	603	60,52
Febrero	-	-	705	71,43	646	65,03
Marzo	-	-	617	61,99	614	61,67
Abril	-	-	728	74,76	775	81,58
Mayo	-	-	852	92,74	621	62,41
Junio	-	-	842	91,29	835	90,28
Julio	-	-	643	64,72	-	-
Agosto	-	-	548	54,74	-	-
Septiembre	-	-	509	50,65	-	-
Octubre	347	33,64	535	54,20	-	-
Noviembre	371	36,16	541	54,97	-	-
Diciembre	427	42,04	293	28,09	-	-
TOTAL	1 145	111,84	7 292	747,08	4 094	421,49
PROMEDIO MENSUAL	381,67	37,28	607,67	62,26	682,33	70,25

Tabla 4.5: Consumo eléctrico anual del caso de estudio
Fuente: Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), 2019, 2020, 2021
Elaboración: Propia

a.2 Consumo promedio mensual por año sin subsidio

Para la caracterización anual desde el 2019 hasta el 2021, a través de la página virtual de la CNEL EP y considerando el precio real de la electricidad sin subsidio alrededor de \$0,16 el

kWh según información de la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC, 2014), se procedió a consultar las planillas mensuales del consumo eléctrico de la vivienda obteniendo los datos presentados en la Tabla 4.6, la cual determina que:

Para el año 2019 considerando los 3 últimos meses del año, el mes de mayor gasto

económico es diciembre con \$68,32 y el de menos gasto es octubre con \$55,52.

Para el año 2020 se evidencia que, el mes de mayor gasto económico es mayo con \$136,32 y el de menos gasto es diciembre con \$46,88.

Para el año 2021 considerando únicamente los 6 primeros meses del año se evidencia que, el mes de mayor gasto económico es junio con \$133,60 y el de menos gasto es enero con \$96,48.

Por lo tanto, como dato comparativo, gracias al subsidio que recibe el servicio básico de electricidad, ha brindado en este caso de estudio para el año 2019 un ahorro de \$71,36, para el año 2020 un ahorro de \$419,64 y para el año 2021 un ahorro de \$233,55.

En síntesis, como se puede observar en las Tablas 4.5 y Tabla 4.6, los consumos energéticos se elevaron considerablemente a raíz de la emergencia sanitaria ocasionado por la COVID-19, es así que desde el año 2019 al año 2020 existe un aumento considerable en los consumos de electricidad debido al cambio en la forma de vida habitual de las personas. Sin embargo, comparando los 6 primeros meses de los años 2020 y 2021, se evidencia un pequeño decremento en los consumos.

CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL SIN SUBSIDIO (\$0,16 el kWh)						
MES	2019		2020		2021	
	CONSUMO (kWh)	COSTO (\$)	CONSUMO (kWh)	COSTO (\$)	CONSUMO (kWh)	COSTO (\$)
Enero	-	-	479	76,64	603	96,48
Febrero	-	-	705	112,80	646	103,36
Marzo	-	-	617	98,72	614	98,24
Abril	-	-	728	116,48	775	124,00
Mayo	-	-	852	136,32	621	99,36
Junio	-	-	842	134,72	835	133,60
Julio	-	-	643	102,88	-	-
Agosto	-	-	548	87,68	-	-
Septiembre	-	-	509	81,44	-	-
Octubre	347	55,52	535	85,60	-	-
Noviembre	371	59,36	541	86,56	-	-
Diciembre	427	68,32	293	46,88	-	-
TOTAL	1 145	183,20	7 292	1 166,72	4 094	655,04
PROMEDIO MENSUAL	381,67	61,10	607,67	97,22	682,33	109,17

Tabla 4.6: Consumo eléctrico anual del caso de estudio sin subsidio
Fuente: Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), 2019, 2020, 2021
Elaboración: Propia

b. CONSUMO DE GLP PARA USO DOMÉSTICO

Con referencia al consumo de GLP (Gas Licuado de Petróleo) en el caso de estudio, se calculó un promedio anual en base al uso mensual de cilindros destinados a la cocina y a la secadora como se puede observar en la Tabla 4.7, de lo cual se concluye lo siguiente:

- Existe un consumo promedio mensual de 2,5 cilindros de gas (uso doméstico) de 15 kg de los cuales:
- 1,5 cilindros del consumo total se utilizan para la cocción de alimentos.
- 1 cilindro restante se utiliza para la secadora.

DEMANDA MENSUAL Y ANUAL DE GLP			
CASO DE ESTUDIO	DESTINO		TOTAL
	Cocina	Secadora	
Mensual	1,5	1	2,5
TOTAL ANUAL	18	12	30

Tabla 4.7: Demanda GLP del caso de estudio
Elaboración: Propia

Por otra parte, en base a los datos recientemente mencionados, se busca reemplazar el funcionamiento de la cocina tradicional y de la secadora que operan con GLP por artefactos eléctricos tales como la cocina de inducción y la secadora eléctrica. Para ello, se determina el consumo que produciría la implementación de estos electrodomésticos en kWh, tomando en cuenta la conversión de unidades a partir de la equivalencia y la eficiencia.

Partiendo de la equivalencia de que 1 cilindro de gas de 15 kg = 200,62 kWh y tomando en cuenta los estudios realizados por el Departamento de Energía de los Estados Unidos sobre el factor de la eficiencia energética (Tama, 2013) en el cual determinaron que, la eficiencia de la cocina a GLP corresponde al 40% y de la cocina de inducción al 84% (ver Tabla 4.8) se obtienen los siguientes datos y resultados.

- ✓ 1 gas de 15 kg con 100% eficiencia = 200,62 kWh
- ✓ 1 ½ gas de 15 kg con 100% eficiencia = **300,93 kWh**

$$\frac{100\%}{40\%} * \frac{300,93 \text{ kWh}}{X} \therefore X = \mathbf{120,37 \text{ kWh}}$$

Pues bien, una vez determinado el consumo energético líquido en kWh necesario para cubrir la demanda de 1 ½ gas, ese dato se vuelve equivalente al 84% de eficiencia que requiere una cocina de inducción para cubrir la misma demanda. Entonces, para saber la totalidad de kWh necesarios para una cocina de inducción incluyendo el 16% de pérdida, se realiza la siguiente regla de 3:

$$\frac{84\%}{100\%} * \frac{120,37 \text{ kWh}}{X} \therefore X = \mathbf{143,30 \text{ kWh}}$$

-Por lo tanto, se determina que, el caso de estudio requiere de 143,30 kWh mensualmente para la cocción de alimentos con cocinas eléctricas de inducción a diferencia de los 300,93 kWh que requeriría al usar gas.

-Por consiguiente, haciendo uso del mismo sistema del cálculo anterior, la utilización de la secadora eléctrica requiere de 95,54 kWh mensualmente.

-En síntesis, la suma de todos los consumos de GLP para uso doméstico del caso de estudio

transformado a electricidad requiere aproximadamente de 238,84 kWh/mes para sustituir los 2,5 cilindros de gas consumidos por mes considerando las equivalencias y eficiencias respectivas.

	COCINA A GAS (GLP)	COCINA ELÉCTRICA DE INDUCCIÓN
Eficiencia	40%	84%
Unidad definida	Cilindro de GLP 15 kg	1 kWh
Energía por unidad	722223,0 kJ	3600 kJ
Energía considerando el Factor de Eficiencia	288889,2 kJ	3024 kJ
Unidades para hervir 10 litros de agua	0,0109 cilindro	1,0384 kWh
Costo por unidad GLP subsidiado 1,60 USD/cilindro	1,744 USD	9,979 USD
Costo por unidad GLP internacional 15 USD/cilindro	16,35 USD	9,979 USD

Tabla 4.8: Análisis comparativo entre la cocina tradicional vs la cocina eléctrica de inducción
Fuente: Tama, 2013

Por otra parte, a través de un análisis sencillo de costos y tomando en cuenta los cálculos recientemente realizados con el precio oficial subsidiado del cilindro de gas de uso doméstico

de 15 kg a \$1,60, se obtiene como resultado que se liquida un total de \$4,00 al mes por los 2,5 cilindros de gas; mientras que, considerando el costo real del cilindro de 15 kg a \$15 (sin subsidio) el total sería de \$37,50, es decir 9,4 veces más. No obstante, con el precio oficial del kWh equivalente a \$0,09 por consumos inferiores a 500 kWh/mes sin considerar el valor adicional por distribución correspondiente a \$1,41 aproximadamente (Macías et al., 2018), el costo total mensual por los 238,84 kWh sería de \$21,50 evidenciándose que, las demandas de GLP son considerables al retirarse el subsidio.

c. CONSUMO TOTAL DE LA VIVIENDA

A partir del cálculo de los consumos promedios mensuales tanto eléctricos como de GLP transformados a kWh en el ámbito residencial se determina que, actualmente la vivienda (caso de estudio) demanda aproximadamente lo siguiente:

- 607,67 kWh por consumos eléctricos promedio mensual del año 2020.
- 238,84 kWh por transformación de GLP a eléctrico promedio mensual del año 2020.
- 846,51 kWh consumo total mensual del año 2020, que en cuanto a costos representa un valor de \$88,88 al mes.

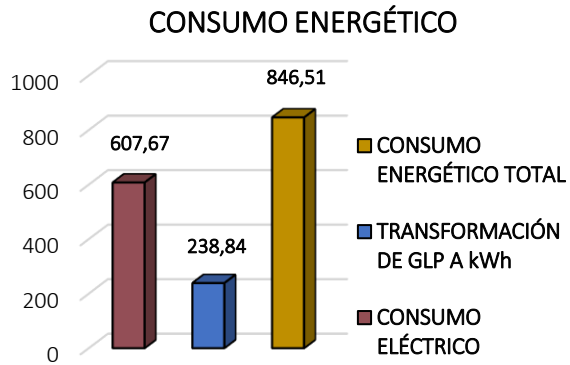


Figura 4.4: Consumo existente vs consumo total mensual 2020
Elaboración: Propia

d. CONSUMO ENERGÉTICO CON INCORPORACIÓN DE TRANSPORTE ELÉCTRICO (VEHÍCULO Y SCOOTER)

Como parte de la investigación, se realizó una evaluación adicional del consumo energético que consiste en reemplazar el uso del vehículo convencional (funcionamiento a base de combustibles fósiles) por un VE (Vehículo Eléctrico) y dos scooter para los habitantes de la vivienda escogida como caso de estudio. De esta manera, se busca incluir la demanda energética de la movilidad personal en el balance de energía de la vivienda, con el fin de que este resultado se sustente y se abastezca mediante los sistemas denominados Net Zero y Plus Energy House aplicados posteriormente en la propuesta de rediseño.

La aparición del VE se remonta a mediados del siglo XIX y se caracteriza por alimentarse a través de una fuente externa que suministre energía eléctrica o también pueden ser autónomos al tener instalados paneles solares, baterías o un generador eléctrico que transforme el combustible en electricidad. No obstante, el consumo eléctrico de estos modelos de autos no ha sido muy considerado dentro del balance energético de una edificación, por lo que se pretende con este proyecto de tesis involucrarlo dentro del cálculo energético de la propuesta de rediseño, además de tener en cuenta que en un futuro no muy lejano el uso de estos vehículos aumentará.

Ahora bien, tomando como referencia el recorrido promedio anual de 20 000 km que representa un vehículo particular en actividades habituales, se determina la energía anual que consumirá el VE (Torres, 2015), calculado con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\text{consumo energético del vehículo}}{\text{capacidad de recorrido}} * \frac{\text{recorrido promedio anual}}{\text{año}}$$

$$E = \frac{64 \text{ kWh}}{312,20 \text{ km}} * \frac{20\,000 \text{ km}}{\text{año}}$$

$$E_{\text{Particular}} = 4\,099,94 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Una vez obtenida esta fórmula, se procede a determinar lo siguiente:

Considerando un vehículo eléctrico BYD E6 para la vivienda en estudio, con un consumo energético de 64 kWh, capacidad de recorrido de 312,20 km y un recorrido promedio anual de 20 000 km, la demanda que se generaría por dicho vehículo sería de 4 099,94 kWh/año o lo que equivale a 341,66 kWh/mes.

De igual forma, se analizaron las características de un scooter eléctrico promedio en el mercado actual, teniendo como principales especificaciones las siguientes:

- Potencia nominal del motor: 250 W
- Potencia de la batería: 280 Wh
- Distancia del recorrido: 30 km
- Velocidad máxima: 25 km/h (modo común), 18 Km/h (modo de ahorro de energía)
- Consumo de energía estándar: 1,1 kWh por 100 km

Además, según CENERGIA, 2020 establece como referencia que, 30 km = 0,33 kWh aproximadamente puesto que, la distancia puede variar dependiendo del peso de la persona.

Por lo tanto, considerando dos scooter para la vivienda en estudio con una velocidad de 25 km/h, una distancia de 10 km diarios (20 días a al mes) por cada scooter (longitud de ida y vuelta desde la vivienda de estudio a la unidad educativa de los hijos) y las características antes mencionadas del equipo, se calculó un consumo de 4,4 kWh/mes por los dos scooter para satisfacer las necesidades de desplazamiento básico.

Una vez obtenidos los consumos del caso de estudio tanto eléctrico, de transformación de GLP a kWh y del transporte eléctrico (VE + 2 scooter), se requiere aproximadamente un total de 1 192,57 kWh al mes para satisfacer la demanda energética.

El objetivo de sustituir de manera completa el uso de GLP así como el implementar un vehículo eléctrico y dos scooter para luego abastecer sus requerimientos de energía mediante el uso de un sistema PV, representa un aspecto vital en el presente trabajo de titulación puesto que, contribuyen con la producción de energías limpias, disminuyen la dependencia de recursos fósiles y buscan un cambio a la problemática descrita en el presente trabajo de titulación.

• CAPACIDAD DE CAPTACIÓN SOLAR EN EL ECUADOR

Debido a los altos niveles de radiación en el Ecuador generados por su ubicación geográfica, se consideraron los índices de captación solar de las ciudades de Portoviejo (ciudad de estudio) y de Quito (ciudad con mayor índice de la Sierra) proporcionados por (Vásquez et al., 2018) y (Vaca, 2018), a fin de comparar la situación en dos regiones representativas obteniendo lo siguiente:

- Portoviejo: Irradiación media diaria de 4,85 kWh/m²/día
- Quito: Irradiación media diaria de 4,99 kWh/m²/día

Debido a la diferencia altitudinal de cada región, la Sierra posee mayor incidencia de irradiación por menor espesor de atmósfera y menor nivel de nubosidad ambiente.

• SIMULACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL Y PROMEDIO MENSUAL

Para el presente apartado mediante el software DesignBuilder, se realizó el análisis del consumo energético anual del caso de estudio (ver Tabla 4.9) en base a los siguientes parámetros: número de personas que la habitan (4), actividades que se realizan en cada espacio (cocinar, lavar, descansar, ocio, trabajar, estudiar, bañarse, entre otros) con sus respectivos horarios de uso, equipos existentes (lavadora, refrigeradora, microonda, televisores, computadoras, entre otros), potencia y tiempo de encendido del aire acondicionado, a fin de comparar los resultados obtenidos en la Tabla 4.9 con los datos recopilados de las planillas de luz (Anexos del 1 al 21) para de esta manera verificar la veracidad de los cálculos realizados y en lo posterior comparar los mismos con el análisis energético de la propuesta de rediseño.

Debido a las altas temperaturas que presenta el caso de estudio, se utiliza actualmente un total de 3 aires acondicionados (2 de 12 000 Btu y 1 de 24 000 Btu) lo que representa un aproximado de 14 kWh, factor que contribuye en el consumo excesivo de electricidad mensual.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL						
MES	TOMACORRIENTES (kWh)	ILUMINACIÓN (kWh)	REFRIGERACIÓN (kWh)	AGUA CALIENTE (kWh)	CONSUMO TOTAL (kWh)	COSTO (\$)
Enero	96,81	118,40	422,12	47,56	684,89	71,91
Febrero	87,30	106,74	496,05	42,45	732,54	76,92
Marzo	96,53	117,61	487,74	46,58	748,46	78,59
Abril	93,87	114,90	509,45	46,67	764,89	80,31
Mayo	96,53	117,61	446,42	46,58	707,14	74,25
Junio	93,45	113,99	253,60	45,20	506,24	53,16
Julio	96,81	118,93	215,11	47,56	478,41	43,06
Agosto	96,53	117,61	194,08	46,58	454,80	40,93
Septiembre	93,59	114,65	183,70	45,69	437,63	39,39
Octubre	96,67	118,27	185,25	47,07	447,26	40,25
Noviembre	93,45	113,99	181,89	45,20	434,53	39,11
Diciembre	97,09	119,18	302,13	48,54	566,94	59,53
TOTAL	1 138,63	1 391,88	3 877,54	555,68	6 963,73	697,41
PROMEDIO MENSUAL	94,89	115,99	323,13	46,31	580,31	58,12

Tabla 4.9: Resultados del análisis del consumo energético anual
Fuente: DesignBuilder

4.1.3.1 Caso de estudio - Consumo energético anual

A partir de analizar el consumo energético del caso de estudio mediante el software DesignBuilder (ver Anexo 26) se obtuvieron como resultados que:

- El consumo de electricidad por tomacorrientes – equipos (Room Electricity) tiene un promedio mensual de 94,89 kWh.
- El consumo por iluminación (Lighting) tiene un promedio mensual de 115,99 kWh.
- El consumo por refrigeración (Cooling) tiene un promedio mensual de 323,13 kWh.
- El consumo por agua caliente (DHW) tiene un promedio mensual de 46,31 kWh.

El consumo promedio mensual de este análisis es de 580,31 kWh con una diferencia mínima de 27,36 kWh en relación al consumo promedio mensual de los datos recopilados de las planillas facturadas del año 2020 equivalente a 607,67 kWh.

Nota: Los resultados obtenidos directamente del software han sido plasmados en la siguiente tabla de Excel en lugar de las imágenes que genera el programa por aspectos de escala de textos, presentación e idioma, encontrándolos en los anexos para comprobación de los datos.

4.1.4 ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN

Según la NEC (2018), para “Eficiencia energética en edificaciones residenciales”, se debe presentar un nivel recomendado de iluminación en el interior de la vivienda paralelamente a las necesidades de cada espacio, tal como se estipula en la tabla 4.10. Estos valores corresponden ser medidos en el centro de cada área en plano horizontal a una altura de 60 cm.

Áreas	Recomendado (LUX)
Viviendas	
Dormitorios	150
Cuartos de aseo/baños	150
Cuartos de estar	300
Cocinas	150
Cuartos de estudio o trabajo	500
Zonas generales de edificios	
Zonas de circulación y pasillos	100
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes y archivos	150

Tabla 4.10: Niveles recomendados de iluminación al interior de la vivienda
Fuente: NEC, 2018

Es importante recordar que, $1 \text{ Lux} = \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$ de donde, el número de lúmenes (flujo luminoso) representa la cantidad de luz sobre un área incidente de 1 m^2 .

Cabe recalcar que, los cálculos de luxes se realizan a través el software DesignBuilder con base a diferentes parámetros tales como tamaños de vanos, ángulos de soleamiento a lo largo de un año, reflexión de las superficies y mediante una grilla de 30 cm por 30 cm; posterior a ello, se procedió a calcular el promedio anual de iluminación por cada espacio obteniendo de esta manera los datos desglosados en las tablas 4.11 y 4.12.

4.1.4.1 Caso de estudio - Planta baja (orientación a 145° antihorario)

Partiendo desde su ubicación y emplazamiento real (145° antihorario), la iluminación natural analizada varía desde 0 hasta 1 538 luxes (ver Anexo 28), reflejando los siguientes resultados promedios anuales por cada espacio:

ZONAS PLANTA BAJA	ILUMINANCIA (LUX)
Sala	220
Comedor	165
Cocina	94
Cuarto de estudio	377
Baño social	0
Escalera	289

Tabla 4.11: Resultados del análisis de iluminación natural – Planta baja
Fuente: DesignBuilder

4.1.4.2 Caso de estudio - Planta alta (orientación a 145° antihorario)

Con respecto al interior de la planta alta, la iluminación natural analizada varía desde 3 hasta 1 684 luxes (ver Anexo 29), reflejando los siguientes resultados promedios anuales por cada espacio:

Por lo tanto, a partir de los datos resultantes de analizar el confort lumínico del interior de la vivienda (caso de estudio) se puede evidenciar que, la mayoría de los espacios no cumplen con los niveles recomendados de luxes; no obstante, estos datos se esperan mejorar a gran escala al analizar la iluminación natural en la propuesta de rediseño.

ZONAS PLANTA ALTA	ILUMINANCIA (LUX)
Dormitorio máster	193
Baño máster	192
Circulación	24
Baño compartido	100
Dormitorio simple 1	178
Dormitorio simple 2	174
Escalera	403

Tabla 4.12: Resultados del análisis de iluminación natural – Planta alta
Fuente: DesignBuilder



Nota: Los resultados obtenidos directamente del software han sido plasmados en las Tablas 4.11 y 4.12 de Excel en lugar de las imágenes que genera el programa por aspectos de escala de textos para su lectura, presentación e idioma, encontrándolos en los anexos para comprobación de los datos.

4.2 ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO Y EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO

Para la realización de los siguientes análisis, se consideraron los mismos parámetros y herramientas digitales que para el caso de estudio, permitiendo así obtener los resultados a continuación.

4.2.1 ANÁLISIS DE SOLEAMIENTO Y ESTUDIO DE SOMBRAS

Para la realización de este apartado, se utilizó el emplazamiento real del caso de estudio (145° antihorario) con la finalidad de analizar y comparar el soleamiento y las sombras en los dos solsticios.

4.2.1.1 Propuesta de rediseño (orientación a 145° antihorario)

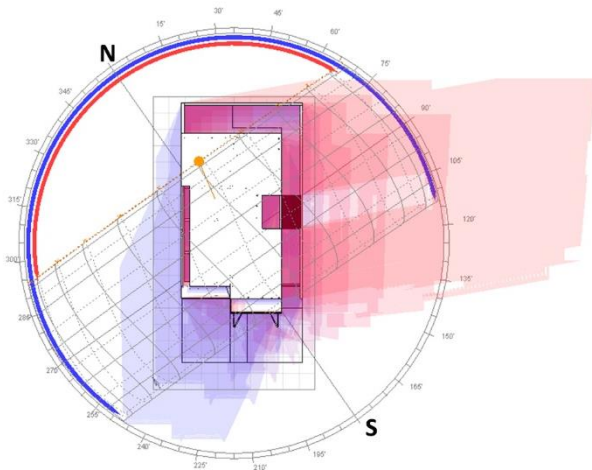
Partiendo desde la ubicación real del caso de estudio (145° antihorario), la propuesta de rediseño se analiza en base a los dos solsticios del año que ocurren en junio (verano) entre los

días 20 o 21 y en diciembre (invierno) entre los días 21 o 22 considerados los días en los que el Sol está más al norte o al sur del Ecuador, para el 21 de junio se pudo visualizar que la mayor parte de radiación solar es captada en el transcurso de la mañana hasta el mediodía sobre todo en la fachada posterior; mientras que, en el poniente no existe mayor situación desfavorable especialmente porque el soleamiento se dirige hacia la medianera (ver Figura 4.5).

Por otra parte, a medida que se aproxima el solsticio de invierno, la mayor captación de radiación solar proviene del poniente hacia la fachada frontal, llegando a su pico más alto el 21 de diciembre (ver Figura 4.6).

En cuanto a los equinoccios correspondientes al 20 de marzo y 22 de septiembre, se refleja una mínima captación de radiación solar en el interior de la vivienda más no en la cubierta.

Por tal motivo, se han propuesto un sistema de quiebrasoles, fachada ventilada y cubierta ventilada que permitan reducir el ingreso del calor y evitar ganancia térmica en el interior de la vivienda, sobre todo en los periodos antes mencionados.



PROPUESTA DE REDISEÑO
ORIENTACIÓN A 145°
ANTIHORARIO

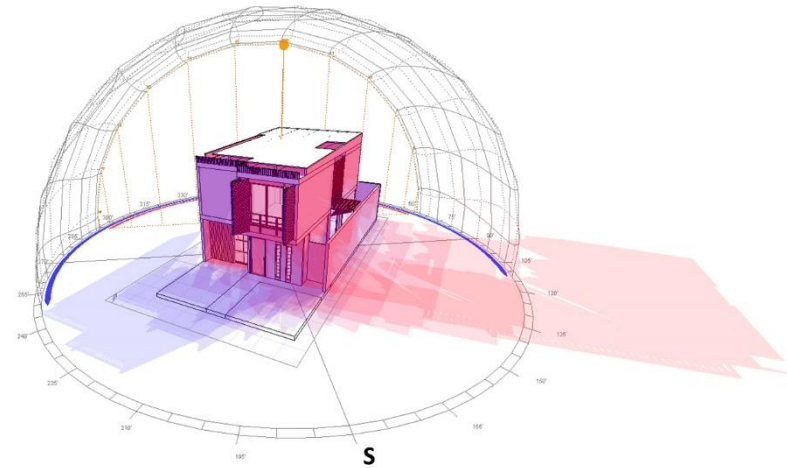
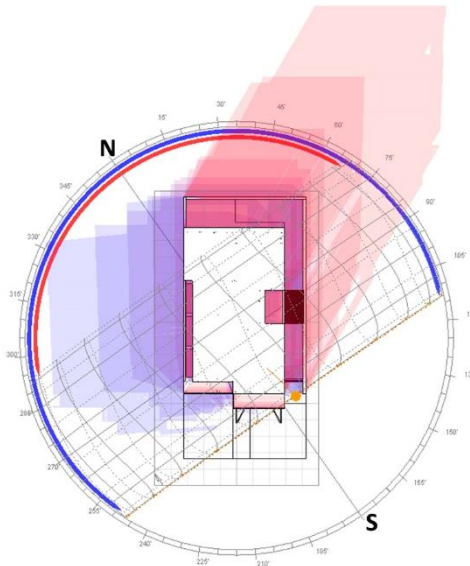


Figura 4.5: Representación de sombras – Solsticio de verano 21 de junio (planta y 3D)
Fuente: Autodesk Ecotect Analysis



- Sombras de 09:00 am a 12:00 pm
- Sombras de 12:00 pm a 17:00 pm

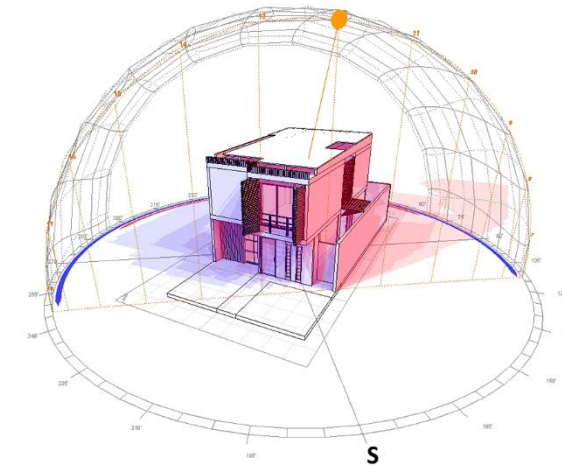


Figura 4.6: Representación de sombras – Solsticio de invierno 21 de diciembre (planta y 3D)
Fuente: Autodesk Ecotect Analysis

4.2.2 ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Para el presente apartado mediante el software DesignBuilder, se realizó el análisis de temperatura y humedad de la propuesta de rediseño con el emplazamiento real del caso de estudio (145° antihorario) en el transcurso de un año calendario, considerando las mismas características del caso de estudio previamente establecidas como las renovaciones por hora, número de personas que habitan la vivienda, actividades que se realizan en cada espacio (cargas térmicas) y horarios de usos de equipos existentes, obteniendo los resultados mes a mes que se reflejan en las Tablas 4.13 y 4.14.

4.2.2.1 Propuesta de rediseño - Planta baja

A partir de analizar la temperatura y humedad de la propuesta de rediseño mediante el software DesignBuilder (ver Anexo 24), se obtuvieron como resultados que la temperatura promedio mensual interior del aire en planta baja es de 23,28 °C a diferencia del caso de estudio con 28,12 °C, en cuanto a la temperatura operativa el promedio mensual es de 22,95 °C a diferencia del caso de estudio con 28,09 °C y en cuanto a la humedad relativa equivale al 68,41 % del promedio mensual (ver Tabla 4.13) a diferencia del caso de estudio con 72,53 %.

Con base a lo mencionado en la tabla 4.2, la sensación térmica que presenta actualmente la planta baja es favorable puesto que, se encuentra en el rango de ni frío ni calor (22 °C – 24 °C) dato importante para analizar la disminución de consumo energético por refrigeración mecánica.

De igual forma, la humedad relativa obtenida se encuentra dentro de los parámetros previamente recomendados siendo 70% el máximo.

En comparación a la planta baja del caso de estudio, la temperatura promedio mensual interior del aire disminuye 4,84 °C, la temperatura operativa promedio mensual disminuye 5,14 °C y la humedad relativa promedio mensual disminuye 4,12%, alcanzando así el confort establecido para viviendas en zona climática húmeda muy calurosa.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD - PLANTA BAJA			
MES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)	TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Enero	23,56	23,19	70,05
Febrero	23,73	23,38	72,77
Marzo	23,86	23,51	73,06
Abril	23,68	23,34	71,60
Mayo	23,55	23,19	68,98
Junio	23,04	22,72	68,05
Julio	22,97	22,65	67,22
Agosto	22,85	22,54	66,76
Septiembre	22,84	22,59	64,80
Octubre	22,93	22,64	65,89
Noviembre	22,96	22,66	65,97
Diciembre	23,36	23,02	65,78
TOTAL	279,33	275,43	820,93
PROMEDIO MENSUAL	23,28	22,95	68,41

Tabla 4.13: Resultados del análisis de temperatura y humedad - Planta baja
Fuente: DesignBuilder



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD - PLANTA ALTA			
MES	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)	TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Enero	24,29	24,37	60,37
Febrero	24,56	24,70	58,87
Marzo	24,71	24,89	58,19
Abril	24,63	24,80	57,91
Mayo	24,54	24,69	57,28
Junio	24,22	24,33	57,86
Julio	24,12	24,21	57,67
Agosto	23,98	24,05	58,91
Septiembre	24,03	24,11	57,29
Octubre	24,01	24,07	59,38
Noviembre	24,01	24,06	59,87
Diciembre	24,22	24,29	58,09
TOTAL	291,32	292,57	701,69
PROMEDIO ANUAL	24,28	24,38	58,47

Tabla 4.14: Resultados del análisis de temperatura y humedad - Planta alta
Fuente: DesignBuilder

4.2.2.2 Propuesta de rediseño – Planta alta

En cuanto a los análisis de temperatura y humedad de la planta alta (ver Anexo 25) se obtuvieron como resultados que, la temperatura promedio mensual interior del aire es de 24,28 °C a diferencia del caso de estudio con 29,18 °C, en cuanto a la temperatura operativa el promedio mensual es de 24,38 °C a diferencia del caso de estudio con 29,78 °C y en cuanto a la humedad relativa equivale al 58,47% del promedio mensual (ver Tabla 4.14) a diferencia del caso de estudio con 57,26%.

Con base a lo mencionado en el apartado 4.1.2, la sensación térmica que presenta actualmente la planta alta es favorable puesto que, se encuentra en el rango de confort para la época de verano (24 °C – 26 °C). En cuanto a la humedad relativa obtenida se encuentra dentro de los parámetros previamente recomendados siendo 70% el máximo.

En comparación a la planta alta del caso de estudio, la temperatura promedio mensual interior del aire disminuye 4,90 °C y la temperatura operativa promedio mensual disminuye 5,40 °C alcanzando así el confort establecido para viviendas en zona climática húmeda muy calurosa; no obstante, la humedad relativa promedio mensual aumenta 1,21%, sin embargo la planta se mantiene en el rango recomendado.



- **ANÁLISIS DE CFD**

Para este apartado mediante el software DesignBuilder, se realizó el análisis de CFD de la propuesta de rediseño con el emplazamiento real del caso de estudio (145° antihorario) a fin de evaluar de manera detallada las condiciones ambientales en los espacios interiores, considerando la ventilación natural y/o mecánica, las fuentes de calor y los sistemas de climatización (si los hay). Además, de calcular la velocidad, movimiento y evaluar la calidad del aire mediante el cálculo de la Antigüedad Media del Aire (LMA). Estos valores serán comparados con los obtenidos previamente en el análisis de CFD del caso de estudio.

En cuanto al flujo de movimiento y velocidad del viento dentro de la vivienda, DesignBuilder representa este análisis mediante líneas y flechas de colores (vectores), es así que, para la planta baja se puede observar que la estanqueidad del aire (líneas azules) es menor con respecto al caso de estudio a nivel general puesto que, los amplios vanos y las divisiones de lamas verticales para el cuarto de estudio y cocina en lugar de muros permiten un mayor flujo de viento a lo largo de la planta siendo este el rango más significativo. Por otra parte, la velocidad promedio aumenta 1 m/s en especialmente en las áreas cercanas a los vanos de las fachadas (ver Anexo 34).

En cuanto a la Antigüedad Media del Aire, se refleja mediante un tono azulado a nivel general en la planta, este se mantiene entre 272,73 y 818,18 segundos (4,54 a 13,64 minutos) antes de ser sustituido completamente (ver Anexo 34) a diferencia del caso de estudio cuyo rango es de 15 a 17 minutos.

Por otra parte, el viento en planta alta se estanca con mayor facilidad debido a las divisiones entre los espacios, sin embargo, los amplios vanos en las fachadas y las rejillas en el cielo raso de cada espacio permiten un mayor flujo de aire teniendo una menor cantidad de líneas azules y aumentando la velocidad en 1 m/s en comparación al caso de estudio (ver Anexo 35).

En cuanto a la Antigüedad Media del Aire, se refleja mediante un tono azulado a nivel general en la planta, este se mantiene entre 545,46 y 818,18 segundos (9,09 a 16,64 minutos) antes de ser sustituido completamente (ver Anexo 35) a diferencia del caso de estudio cuyo rango es de 15 a 17 minutos.

4.2.3 ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Para el presente apartado mediante el software “DesignBuilder”, se realizó el análisis energético anual de la propuesta de rediseño (ver Tabla 4.15) en base a los siguientes parámetros: número de personas que la habitan (4), configuración de actividades que se realizan en cada espacio (cocinar, lavar, descansar, ocio trabajar, estudiar, bañarse, entre otros) con sus respectivos horarios de uso, equipos existentes (lavadora, refrigeradora, microondas, televisores, computadoras, entre otros), potencia y tiempo de encendido del aire acondicionado, a fin de comparar los resultados obtenidos con los de las simulaciones del consumo energético del caso de estudio para de esta manera demostrar la factibilidad del ahorro energético y económico que se ha conseguido.

Como dato importante, para este análisis se consideró el uso de 1 aire acondicionado de 24 000 Btu, cuyo encendido fue programado en base a los rangos de confort previamente establecidos; es decir que, una vez que el ambiente superara la temperatura de 26 °C, este se prendiera hasta conseguir nuevamente la temperatura de 25 °C considerada la ideal para el habitar del ser humano. El objetivo de ello fue el de conseguir un ahorro significativo

del consumo energético y menos dependencia de la refrigeración mecánica.

4.2.3.1 Propuesta de rediseño - Consumo energético anual

A partir de realizar el consumo energético de la propuesta de rediseño mediante el software DesignBuilder (ver Anexo 27) se obtuvieron los siguientes resultados:

- El consumo de electricidad por tomacorrientes – equipos (Room Electricity) tiene un promedio mensual de 81,02 kWh a diferencia del caso de estudio que presenta un consumo de 94,89 kWh.
- El consumo por iluminación (Lighting) tiene un promedio mensual de 71,15 kWh a diferencia del caso de estudio que presenta un consumo de 115,99 kWh.
- El consumo por refrigeración (Cooling) tiene un promedio mensual de 152,02 kWh a diferencia del caso de estudio que presenta un consumo de 323,13 kWh.
- El consumo por agua caliente (DHW) tiene un promedio mensual de 46,31 kWh al igual que el caso de estudio.

Por lo tanto, se demuestra que, existe una reducción significativa del consumo energético promedio mensual equivalente a 229,81 kWh y un ahorro económico promedio mensual de \$26,58 en comparación con el consumo energético promedio mensual correspondiente al caso de estudio.



La Tabla 4.15 presenta también en porcentajes la reducción del consumo energético promedio mensual en relación al caso de estudio equivalente a 36,97% como promedio mensual.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL							
MES	TOMACORRIENTES (kWh)	ILUMINACIÓN (kWh)	REFRIGERACIÓN (kWh)	AGUA CALIENTE (kWh)	CONSUMO TOTAL (kWh)	COSTO (\$)	REDUCCIÓN DEL CONSUMO EN RELACIÓN AL CASO DE ESTUDIO (%)
Enero	82,74	72,81	169,22	47,56	372,33	33,51	45,64
Febrero	74,50	65,38	166,30	42,45	348,63	31,38	52,41
Marzo	82,29	71,91	191,84	46,58	392,62	35,34	47,54
Abril	80,37	70,98	139,56	46,67	337,58	30,38	55,87
Mayo	82,29	71,91	149,02	46,58	349,80	31,48	50,53
Junio	79,70	69,73	108,75	45,20	303,38	27,30	40,07
Julio	82,74	73,01	95,93	47,56	299,24	26,93	37,45
Agosto	82,29	71,91	104,85	46,58	305,63	27,51	32,80
Septiembre	79,92	70,29	129,09	45,69	324,99	29,25	25,74
Octubre	82,52	72,46	159,73	47,07	361,78	32,56	19,11
Noviembre	79,70	69,73	189,77	45,20	384,40	34,60	11,54
Diciembre	83,19	73,71	220,13	48,54	425,57	38,30	24,94
TOTAL	972,25	853,83	1 824,19	555,68	4 205,95	378,54	443,63
PROMEDIO MENSUAL	81,02	71,15	152,02	46,31	350,50	31,54	36,97

Tabla 4.15: Resultados del análisis del consumo energético anual
Fuente: DesignBuilder

4.2.4 ANÁLISIS DE ILUMINACIÓN

Los análisis de iluminación natural de la propuesta de rediseño se realizan mediante el software DesignBuilder con base a diferentes parámetros tales como tamaños de vanos, ángulos de soleamiento a lo largo de un año, reflexión de las superficies, entre otros, mediante una grilla de 30 cm por 30 cm ubicada a una altura de 60 cm sobre el nivel del piso.

4.2.4.1 Propuesta de rediseño - Planta baja

Partiendo desde la ubicación y emplazamiento real del terreno (145° antihorario), la iluminación natural varía desde 2 hasta 1 904 luxes (ver Anexo 30 y Tabla 4.16), mejorando dichos resultados en comparación con el caso de estudio cuya planta baja refleja un rango de 0 a 1 538 luxes (ver Anexo 28 y Tabla 4.11).

Cabe recalcar que, según los niveles recomendados de luxes para cada espacio de una vivienda, el presente rediseño refleja los siguientes resultados promedios anuales los cuales garantizan una buena iluminación natural en planta baja exceptuando el baño social debido a que este se encuentra bajo la circulación vertical y no posee fuentes de luz natural a más de una pequeña ventana cerrada por el área del cuarto de estudio.

ZONAS PLANTA BAJA	ILUMINANCIA PROPUESTA (LUX)	ILUMINANCIA CASO DE ESTUDIO (LUX)	RECOMENDADO (LUX)
Sala	259	220	300
Comedor	434	165	300
Cocina	161	94	150
Circulación	248	-	100
Cuarto de estudio	354	377	500
Baño social	2	0	150
Escalera	120	289	150
Patio interior	1 376	-	-

Tabla 4.16: Resultados del análisis de iluminación natural – Planta baja
Fuente: DesignBuilder

4.2.4.2 Propuesta de rediseño - Planta alta

Con respecto al interior de la planta alta, la iluminación natural analizada varía desde 62 hasta 3 641 luxes (ver Anexo 31 y Tabla 4.17) a diferencia de la planta alta del caso de estudio (ver Anexo 29 y Tabla 4.12) la cual refleja un rango de 3 a 1 684 luxes; mejorando de igual forma dichos resultados.

Es importante mencionar que, los quiebrasoles utilizados reducen el ingreso de iluminación, no obstante, lo hacen en mínimas cantidades sin afectar en mayor medida el ingreso de luz hacia el interior de la vivienda.

ZONAS PLANTA ALTA	ILUMINANCIA PROPUESTA (LUX)	ILUMINANCIA CASO DE ESTUDIO (LUX)	RECOMENDADO (LUX)
Dormitorio máster	472	193	150
Baño máster	438	192	150
Circulación	233	24	100
Baño compartido	323	100	150
Dormitorio simple 1	342	178	150
Dormitorio simple 2	363	174	150
Escalera	326	403	150
Patio interior	2 205	-	-

Tabla 4.17: Resultados del análisis de iluminación natural – Planta alta
Fuente: DesignBuilder

ANÁLISIS REALIZADOS		UNIDAD	CASO DE ESTUDIO	PROPUESTA DE REDISEÑO	ÓPTIMO
			Promedio mensual	Promedio mensual	
Temperatura del aire	Planta baja	°C	28,12	23,28	20 en invierno 25 en verano
	Planta alta		29,18	24,28	
Temperatura operativa	Planta baja		28,09	22,95	
	Planta alta		29,78	24,38	
Humedad relativa	Planta baja	%	72,53	68,41	30 - 40 mín 60 - 70 máx
	Planta alta		57,26	58,47	
Consumo energético	Vivienda	kWh	580,31	350,50	Variable

Tabla 4.18: Tabla resumen de análisis bioclimáticos
Fuente: DesignBuilder

La Tabla 4.18 que se visualiza a continuación, presenta los resultados obtenidos de los análisis realizados para la temperatura del aire, temperatura operativa, humedad relativa y consumo energético del caso de estudio y de la propuesta de rediseño puesto que, constituyen el enfoque principal del presente trabajo de titulación.

En cuanto a la temperatura del aire, existe una disminución de 4,48 °C en planta baja y de 4,90 °C en planta alta, en cuanto a la temperatura operativa, existe una disminución de 5,14 °C en planta baja y de 5,40 °C en planta alta, resultados que se mantienen en el rango óptimo recomendado para el interior de la vivienda. Por otra parte, en cuanto a la humedad relativa, existe una disminución de 4,12% en planta baja y un aumento de 1,21% en planta alta; sin embargo, la vivienda se encuentra dentro del rango máximo de 70% de humedad.

Para el apartado de consumo energético, la reducción que se consigue es de 229,81 kWh/mes, esto se debe principalmente por su baja dependencia de refrigeración mecánica diaria (comparar “COOLING” de Anexo 26 y Anexo 27) representando una disminución del 44,17% del consumo habitual.

4.3 REDISEÑO DE CUBIERTA CON TECNOLOGÍA BIPV

Partiendo de la cubierta actual del caso de estudio, se propone un nuevo rediseño caracterizado por tener una sola pendiente del 3%, con inclinación de 1,57° (tilt) y un azimut de 145° antihorario. En cuanto al azimut, corresponde al emplazamiento real del caso de estudio y el tilt se plantea de manera casi horizontal puesto que, permite la cubierta ventilada, la captación de radiación solar es mayor en esta altitud y la altura de la vivienda se reduce; sin embargo, al ubicar los paneles con esta inclinación, exigen mayor mantenimiento puesto que el polvo puede afectar la eficiencia de los mismos.

El sistema se compone de cerchas de acero con una sección inicial de 30 cm y una final de 60 cm, perfiles G de acero de 100 x 50 x 2 mm cada 100 cm, placa Dipanel DP5 Galvalumen de 0,90 mm, subestructura de acero y BIPV.

La planta de la cubierta cuenta con un área de 62,19 m² de los cuales se destinan 3,44 m² para la iluminación cenital del baño master, del baño compartido y de las escaleras, mientras que los 58,75 m² restantes se destinan para la instalación de los paneles PV y para circulación que permitirá el mantenimiento de los mismos.

Por otra parte, para este análisis también se consideraron las simulaciones del apartado de soleamiento con el objetivo de tener en cuenta los meses de mayor y menor captación solar en el transcurso de un año.

4.3.1 PANELES PV INTEGRADOS EN LA CUBIERTA (BIPV)

Con el fin de mejorar el aislamiento, aumentar la eficiencia energética, generar electricidad limpia renovable y contribuir con la estética del entorno urbano, se selecciona el sistema BIPV que se presenta en este apartado.

4.3.1.1 Selección del panel PV

En función del espacio disponible y limitado en la cubierta para la instalación de los paneles PV, es necesario elegir un panel con alta eficiencia por m² que sea capaz de generar grandes cantidades de energía en la menor área posible.

Por tal motivo, se selecciona el panel Honey^M Framed 120 Layout Module marca Trina Solar TSM-DE08M.08(II) de 1 763 x 1 040 x 35 mm y con un peso de 20 kg. Este panel cuenta con 120 células monocristalinas distribuidas en dos bloques de 60 cada uno, con un rango de potencia de 360 W a 380 W y una eficiencia máxima de 20,70%.

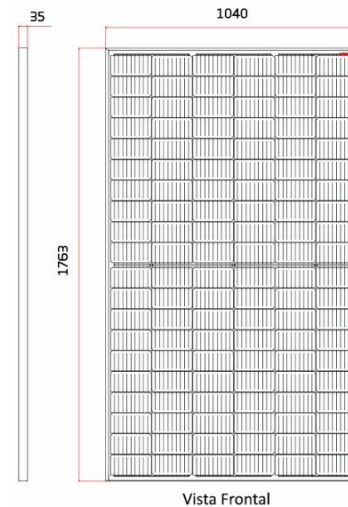


Figura 4.7: Panel Honey^M Framed 120 Layout – Vista frontal
Fuente: Trina Solar, 2019

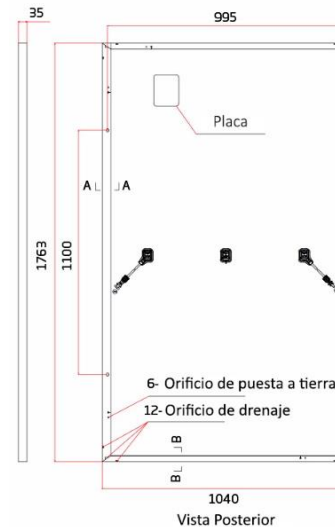


Figura 4.8: Panel Honey^M Framed 120 Layout – Vista posterior
Fuente: Trina Solar, 2019

4.3.1.2 Montaje de paneles PV / Detalles constructivos

La incorporación de tecnologías PV es posible en dos instancias: cuando la edificación ya está construida y cuando se encuentra en fase de diseño.

Al instalar una cubierta tecnológica se debe tomar en cuenta el tipo de cubierta y el estado de conservación, la orientación, la inclinación, la carga adicional a soportar, la integración arquitectónica, el financiamiento y el impacto visual como ambiental que causará en el entorno (Acuatroarquitectos, 2020).

Teniendo en cuenta que es una edificación diseñada desde cero, el presente sistema consiste en instalar paneles PV integrados a la cubierta en base a la inclinación de la misma. Este procedimiento empieza con la estructura principal compuesta por 5 cerchas en el sentido longitudinal de la cubierta diseñada bajo dos secciones de 30 cm y 60 cm, luego se proceden a colocar y atornillar los perfiles G en sentido perpendicular a las cerchas cada 100 cm. Estos perfiles sirven de soporte para la instalación de la plancha de Dipanel DP5 Galvalume de 0,90 mm. Una vez colocada dicha plancha, mediante perfiles de aluminio tipo L con sus respectivos ángulos de acero, se anclan por medio de tornillos los perfiles G con el marco de los

paneles PV, teniendo como resultado final un sistema integrado tal como se observa en la Figura 4.10 y Figura 4.11.

Cabe recalcar que, para la instalación del sistema PV monocristalino de 120 células en la cubierta, se planificó con sus respectivos espacios de circulación para los mantenimientos requeridos. Complementando a ello, se plantea la instalación de módulos falsos o “dummy” como solución para lograr una apariencia más estética y consistente de la cubierta (Jelle, 2016).

La función de estos módulos dummy es la de completar los espacios vacíos de la cubierta, los cuales consisten en placas con estructura de acero compuesta de ángulos y perfiles cuadrados más soportantes que la de los paneles PV a fin de que resistan a las condiciones del exterior y permitan tolerar cargas vivas. De igual manera, permiten homogenizar de una forma sutil las visuales hacia la cubierta brindando una apariencia de mayor integración arquitectónica.



Figura 4.9: Integración de paneles PV y módulos dummy en la cubierta
Elaboración: Propia

No obstante, es importante tener en cuenta que, las placas dummy que presenten las mismas dimensiones que los paneles son susceptibles de cambiarse por más PV.

En cuanto al impacto estructural generado por la integración de estas tecnologías solares activas en cubiertas, varias investigaciones señalan que no existe gran afectación a los elementos de la techumbre puesto que, los pesos de los paneles son bastante bajos debido a que la mayor parte de los fabricantes realizan el armazón en aluminio para minorarlos en lo máximo posible (Arroba & Mencías, 2009).

A nivel nacional se encuentra vigente la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-CG Cargas (No Sísmicas) (NEC, 2015), en la cual determina un valor de 0,70 kN/m² como sobrecarga mínima uniformemente distribuida para cubiertas planas, inclinadas y curvas.

Para el caso de los paneles PV monocristalinos de 120 células con un peso de 20 kg c/u, se evaluó que ejercería una carga de 0,20 kN/m² c/u sobre la cubierta, generando una carga menor a lo establecido en la NEC.

En síntesis, la incorporación de BIPV desde la etapa del diseño, es una integración factible en las edificaciones, al considerar tanto características formales y estéticas en función con las demandas energéticas.

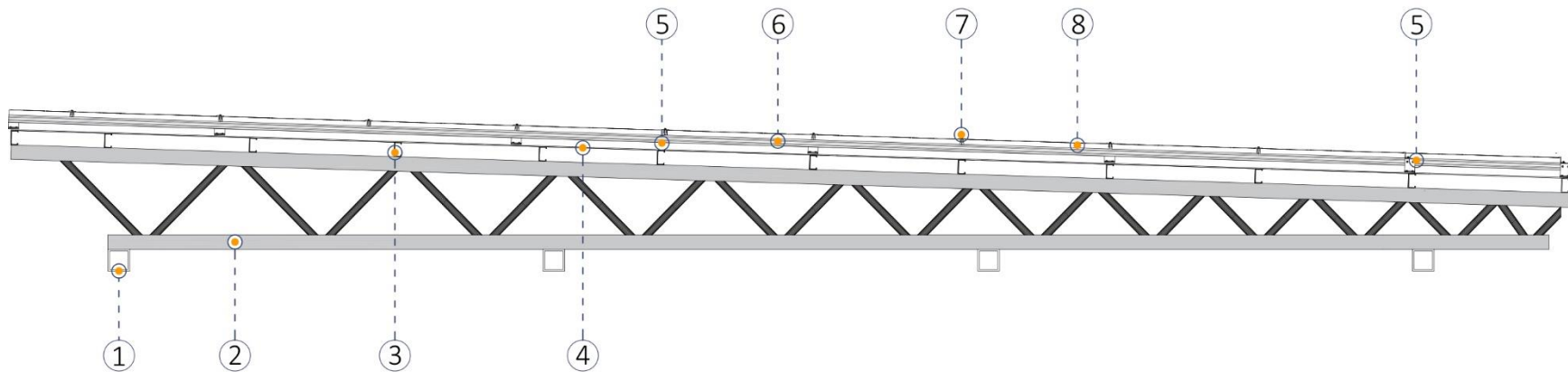


Figura 4.10: Estructura del sistema PV – Sección longitudinal
Elaboración: Propia

Simbología

- 01. Perfil de acero 10 x 10 cm
- 02. Cercha de acero 0,30 m en sección inicial y 0,60 m en el final
- 03. Perfil G de acero 100 x 50 x 15 x 2 mm cada 100 cm
- 04. Dipanel DP5 Galvalume 0,90 mm
- 05. Soporte del perfil de aluminio
- 06. Perfil de aluminio de 50 X 30 mm
- 07. Ángulo doble para unión entre paneles
- 08. Paneles monocristalinos de 120 células /1 763 x 1 040 x 35 mm
- 09. Módulos dummy de acero
- 10. Tragaluz de vidrio
- 11. Pieza angular de aluminio para remate

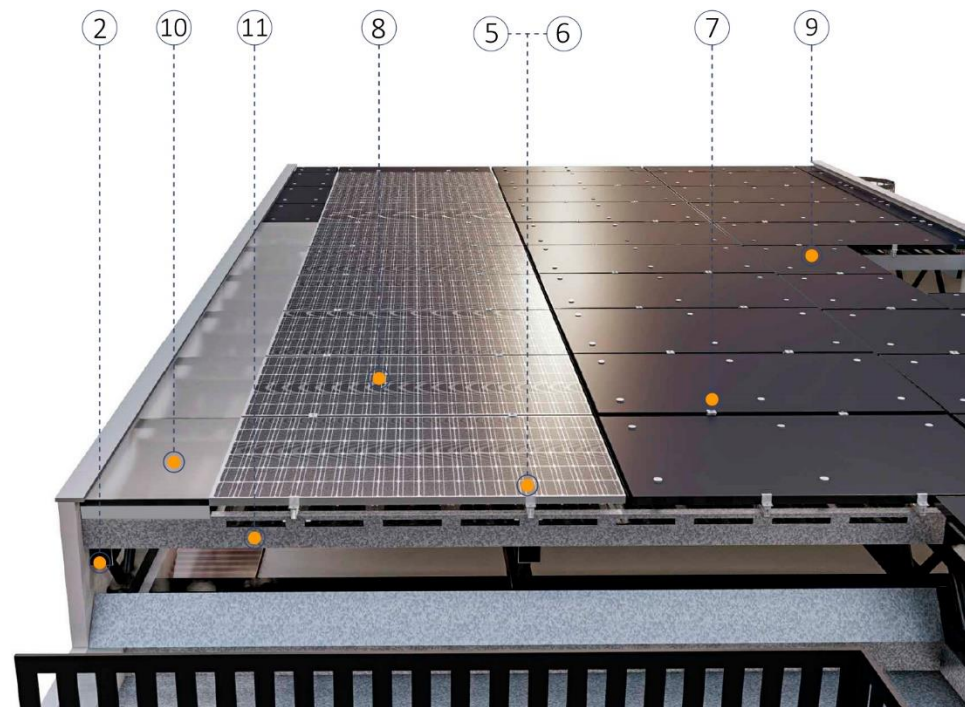


Figura 4.11: Estructura del sistema PV - Perspectiva
Elaboración: Propia

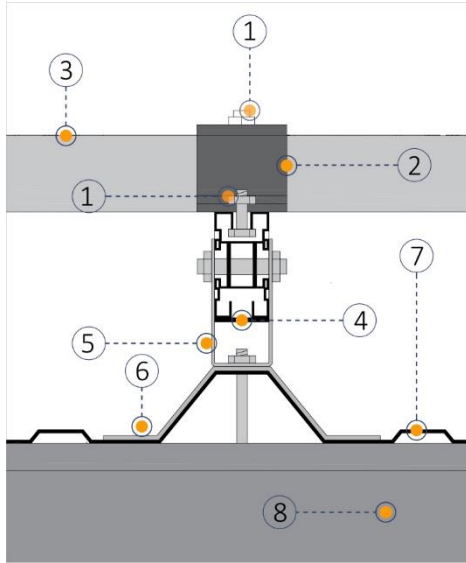


Figura 4.12: Anclaje entre el perfil G y el de aluminio - Frontal
Elaboración: Propia

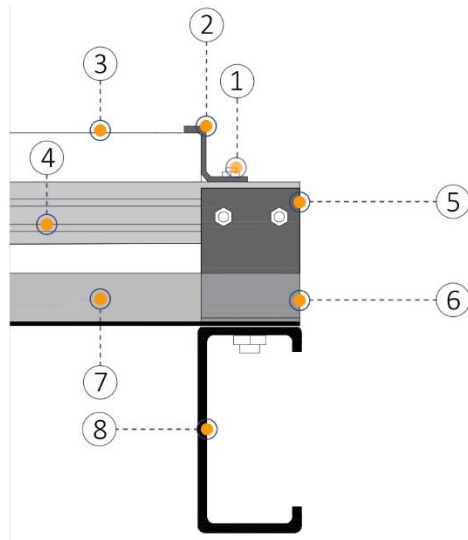


Figura 4.13: Anclaje entre el perfil G y el de aluminio - Lateral
Elaboración: Propia



Figura 4.14: Anclaje entre el perfil G y el de aluminio - Perspectiva
Elaboración: Propia

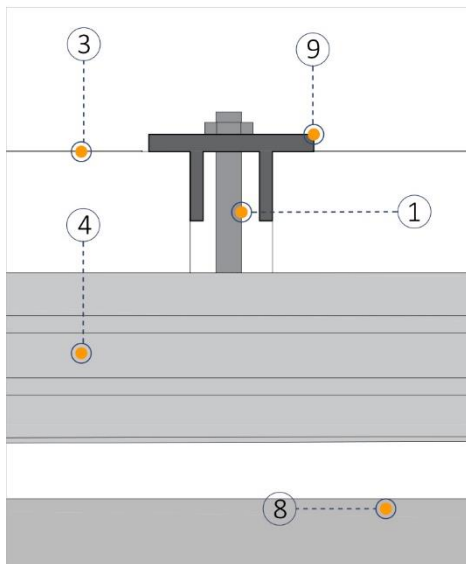


Figura 4.15: Unión entre paneles PV
Elaboración: Propia

Simbología

- 01. Tuerca para unión de perfil
- 02. Ángulo de anclaje entre el perfil de aluminio y el panel PV
- 03. Panel monocristalino de 120 células / 1 763 x 1 040 x 35 mm
- 04. Perfil de aluminio de 50 X 30 mm
- 05. Soporte tipo U para perfil de aluminio
- 06. Anclaje entre chapa Galvalume y soporte tipo U
- 07. Dipanel DP5 Galvalume 0,90 mm
- 08. Perfil G de acero 100 x 50 x 15 x 2 mm cada 100 cm
- 09. Ángulo doble para unión entre paneles



Figura 4.16: Unión entre paneles PV - Perspectiva
Elaboración: Propia

4.3.2 FASE DE SIMULACIÓN DEL RENDIMIENTO PV (BIPV)

Para el desarrollo de este apartado, se realizará una serie de análisis mediante el uso del software SAM con el fin de estimar y realizar predicciones de rendimiento energético mensual y anual bajo el sistema de conexión a red solar, tomando en cuenta como base el consumo energético simulado previamente de la propuesta de rediseño.

Las simulaciones se realizaron a partir de las 06:00 am hasta las 18:00 pm, tomando en consideración la inclinación y la orientación de la tecnología instalada.

Como dato adicional previo a desarrollar los siguientes cálculos, se analizó y simuló el diseño del sistema PV para el caso de estudio capaz de cubrir la demanda energética anual plasmada en las planillas eléctricas del 2020 teniendo como resultado un total de 16 paneles PV, todo ello con la intención de obtener una proyección y referencia del estado actual para luego compararlo con los resultados de la propuesta de rediseño. No obstante, la diagramación del sistema PV para el caso de estudio no se presenta a detalle puesto que, el sistema PV propuesto (BIPV) se enfoca únicamente cuando la edificación se encuentra en la fase de diseño y no cuando ya está construida.

a. DISEÑO DEL SISTEMA PV EN RELACIÓN AL CONSUMO BASE DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO

4.3.2.1 Tamaño del sistema

Como punto de partida, se dimensiona el tamaño del sistema de paneles PV en relación a los resultados del consumo base realizado para la propuesta de rediseño, en el cual se obtuvo un promedio mensual de 350,50 kWh y un total de 4 205,95 kWh al año calculado en la sección 4.2.3.1.

Con esos datos, mediante el software SAM, se procede a calcular el número de paneles necesarios para satisfacer la demanda antes mencionada, tomando en cuenta el fichero climático de la ciudad de emplazamiento, las características del panel previamente seleccionado, el azimut y la inclinación del mismo, obteniendo así un total de 9 unidades suficientes para abastecer dicha demanda.

4.3.2.2 Selección del inversor

Una vez seleccionado el panel monocristalino de 120 células, se calcula la potencia del inversor tomando en cuenta la potencia de los 9 paneles (380 W c/u) definidos anteriormente, obteniendo como resultado un inversor con una potencia necesaria de 3 420 W. Para ello, se ha seleccionado el inversor ABB: UNO-DM-3.8-TL-PLUS-US-SB-RA de 97 x 52 x 32 cm y con un peso

de 22,7 kg. Este inversor cuenta con un rango de potencia de 3 300 W a 3 442 W.



Figura 4.17: ABB: UNO-DM-3.8-TL-PLUS-US-SB-RA
Fuente: ABB, 2018

Como último punto, se procede a plantear el tamaño de la cadena tomando en cuenta los siguientes datos: el rango de voltaje del inversor (200 V – 480 V) y el voltaje del circuito abierto del panel (41,9 V) según las fichas técnicas correspondientes de cada producto, teniendo como resultado que el sistema permite instalar cadenas de 5 a 11 paneles por cada una, dato que sirve de soporte para el sistema seleccionado de 1 cadena conformada por 9 paneles (ver Figura 4.18 y figura 4.19).

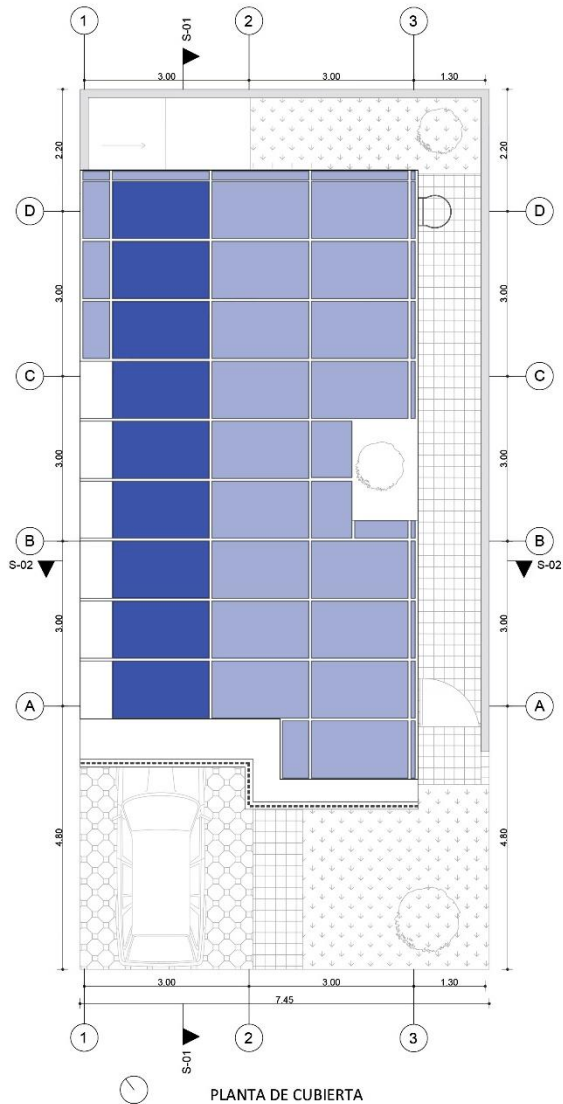


Figura 4.18: Planta de cubierta consumo base – Ubicación y distribución de paneles PV
Elaboración: Propia



Figura 4.19: Planta de cubierta – Consumo base
Elaboración: Propia

4.3.2.3 Consumo base y producción de energía

En este apartado se realiza el cálculo de producción energética mensual y anual alcanzado por el sistema PV planteado en la sección anterior para así comprobar la factibilidad de abastecimiento del consumo base simulado (ver Anexo 36).

Como se puede observar en la Tabla 4.19, el cálculo de producción no es uniforme debido a que el software analiza mediante el fichero

climático de la ciudad el cual a su vez contiene las variables que caracterizan las condiciones de radiación solar a lo largo del año junto con el azimut e inclinación de los paneles.

La relación de producción – consumo, refleja una mínima variación anual justificándose unos meses con otros, obteniendo como producción un total de 4 232,21 kWh abasteciendo lo necesario para suplir los consumos que se generan anualmente en la vivienda como se visualiza en la Figura 4.20.

MES	CONSUMO BASE (kWh)	PRODUCCIÓN (kWh)
	2018	Panel monocristalino de 120 células
Enero	372,33	293,77
Febrero	348,63	309,77
Marzo	392,62	406,20
Abril	337,58	378,61
Mayo	349,80	360,75
Junio	303,38	307,50
Julio	299,24	310,35
Agosto	305,63	340,37
Septiembre	324,99	378,43
Octubre	361,78	399,76
Noviembre	384,40	373,86
Diciembre	425,57	372,84
TOTAL	4 205,95	4 232,21
PROMEDIO MENSUAL	350,50	352,68

Tabla 4.19: Análisis del consumo base y producción de energía
Fuente: SAM

CONSUMO BASE – PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

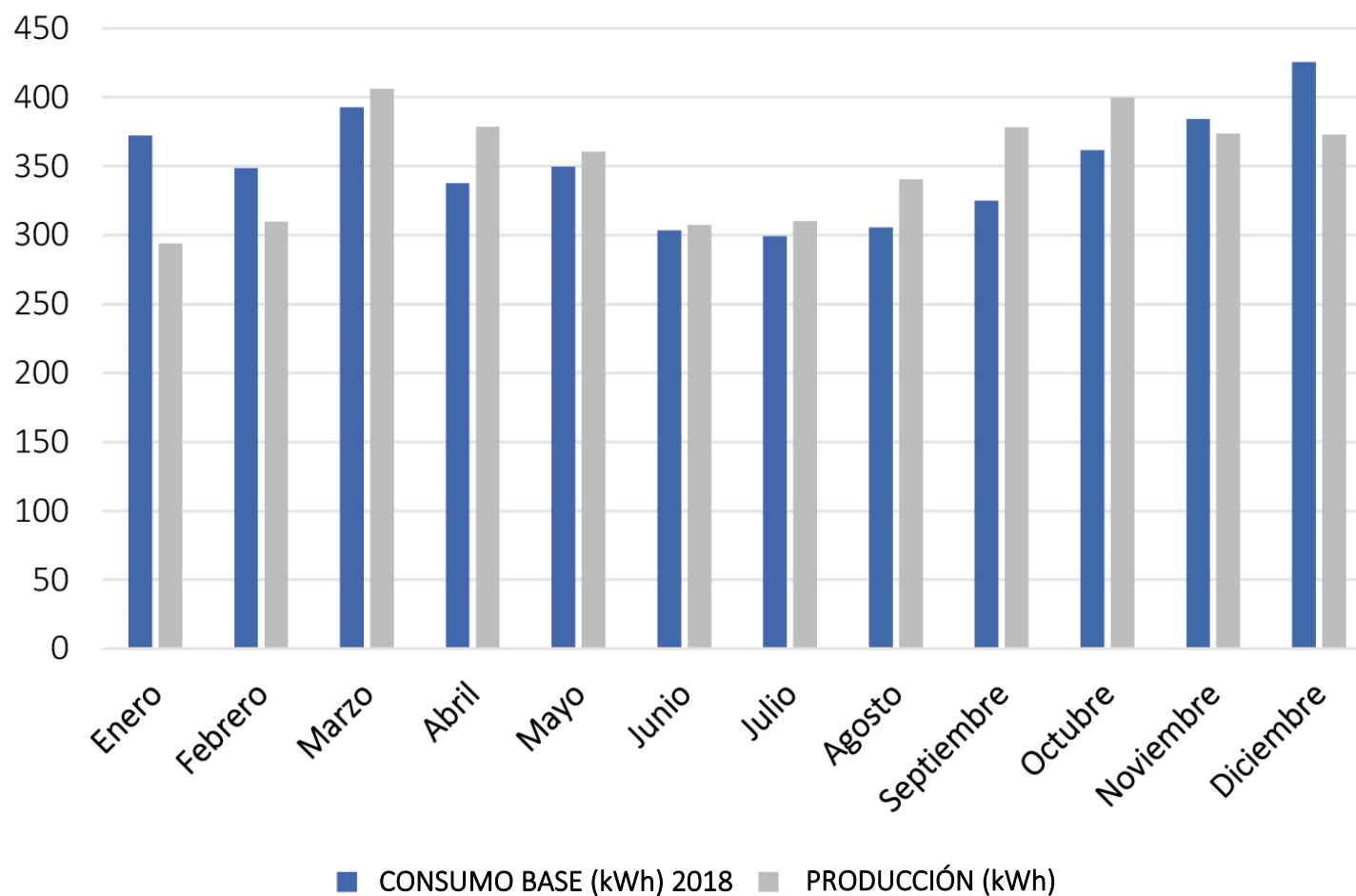


Figura 4.20: Consumo base y producción del sistema propuesto
Elaboración: Propia

b. DISEÑO DEL SISTEMA PV EN BASE A LA DEMANDA MÁXIMA DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO

4.3.2.4 Tamaño del sistema

De forma similar al caso anterior, se dimensiona el tamaño del sistema de paneles PV en base a los resultados de la demanda máxima que abarca el consumo base (350,50 kWh) calculado en la sección 4.2.3.1 más el consumo por transporte eléctrico (346,06 kWh) calculado en la sección 4.1.3 literal “d”, del cual se obtuvo un promedio mensual de 696,56 kWh y un total de 8 358,67 kWh al año (ver Tabla 4.20).

Con esos datos, mediante el software SAM, se procede a calcular el número de paneles necesarios para satisfacer la demanda antes mencionada, tomando en cuenta el fichero climático de la ciudad de emplazamiento, las características del panel previamente seleccionado (panel monocristalino de 120 células), el azimut y la inclinación del mismo, obteniendo así un total de 18 unidades suficientes para abastecer dicha demanda.

4.3.2.5 Selección del inversor

Una vez seleccionado el panel monocristalino de 120 células, se calcula la potencia del inversor tomando en cuenta la potencia de 18

paneles previamente calculados mediante el software SAM con el mismo procedimiento de la sección 4.3.2.1, obteniendo como resultado un inversor con una potencia necesaria de 6 840 W. Para ello, se ha seleccionado el inversor The SunPower SPR-6501f-1 de 96 x 43 x 25 cm y con un peso de 36,74 kg. Este inversor cuenta con un rango de potencia de 6 500 W a 6 800 W y una frecuencia de 60,5 Hz.



Figura 4.21: The SunPower SPR-6501f-1
Fuente: Sunpowercorp, 2021

Una vez seleccionado el panel monocristalino de 120 células y el tipo de inversor, se procede a plantear el tamaño de la cadena, para ello se propone diseñar 2 cadenas configuradas en 2 sub-matrices separadas con el fin de conectar cada una de ellas a una entrada mppt del inversor y así operar a diferentes voltajes. Entre los datos que se necesitan son indispensables: el rango de voltaje del inversor (100 V – 480 V) y el voltaje del circuito abierto del panel (41,9 V) según las fichas técnicas correspondientes de cada producto.

Como resultado de lo ya mencionado, se plantean 2 cadenas para la cubierta de la propuesta, siendo la primera de 9 paneles y la segunda también de 9, como se puede observar a continuación en la Figura 4.22 y Figura 4.23.

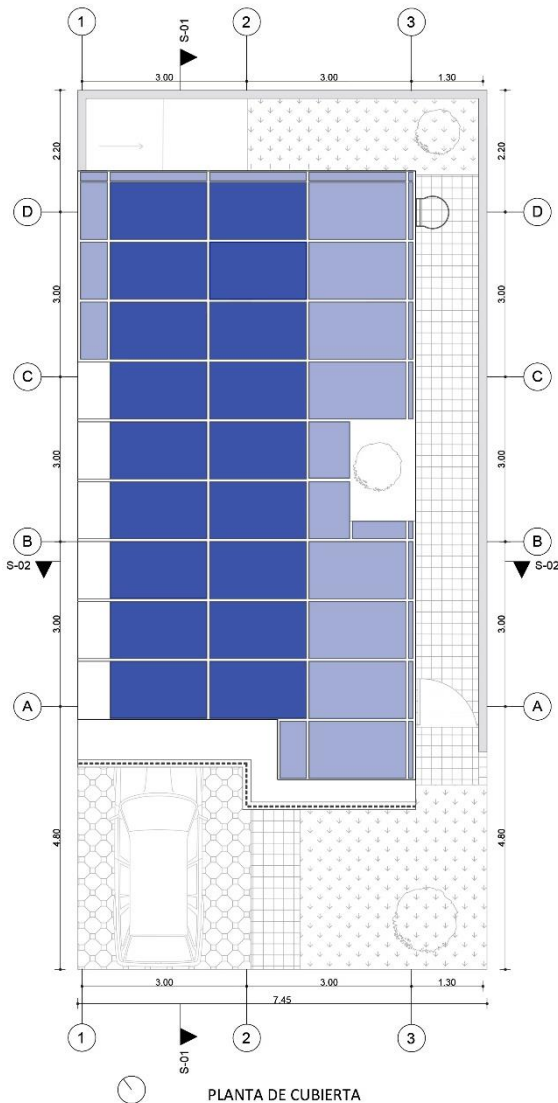


Figura 4.22: Planta de cubierta demanda máxima – Ubicación y distribución de paneles PV
Elaboración: Propia



Figura 4.23: Planta de cubierta – Demanda máxima
Elaboración: Propia

4.3.2.6 Demanda máxima y producción de energía

En este apartado se realiza el cálculo de producción energética mensual y anual alcanzado por el sistema PV planteado en la sección anterior para así comprobar la factibilidad de abastecimiento de la demanda máxima simulada (ver Anexo 37).

La relación de demanda máxima y producción refleja una mínima variación anual equivalente a 19,34 kWh como se visualiza en la Tabla 4.20 y Figura 4.24.

El propósito de calcular la demanda máxima de la vivienda fue el de cubrir los consumos adicionales generados por la implementación de un automóvil eléctrico y dos scooter, cumpliendo con dicho abastecimiento.



Como resultado de lo ya mencionado se obtiene que, la vivienda requiere un total de 8 358,67 kWh al año (ver Tabla 4.20) para sustentar todas las necesidades de iluminación, confort, cocción y transporte eléctrico de una familia utilizando únicamente la energía limpia producida por los paneles PV, logrando de esta manera cumplir con uno de los objetivos propuestos del presente trabajo de titulación el cual consiste en alcanzar un alto grado de viabilidad técnica y sustentable.

Cabe reiterar que, la Tabla 4.20 a continuación, representa los valores mensuales correspondientes al consumo base más la suma del consumo que genera el vehículo eléctrico y los dos scooter.

MES	DEMANDA MÁXIMA (kWh)	PRODUCCIÓN (kWh)
		Panel monocristalino de 120 células
Enero	718,39	580,21
Febrero	694,69	612,68
Marzo	738,68	804,88
Abril	683,64	750,10
Mayo	695,86	714,16
Junio	649,44	608,10
Julio	645,30	613,75
Agosto	651,69	673,59
Septiembre	671,05	749,46
Octubre	707,84	792,14
Noviembre	730,46	740,53
Diciembre	771,63	738,41
TOTAL	8 358,67	8 378,01
PROMEDIO MENSUAL	696,56	698,17

Tabla 4.20: Análisis de la demanda máxima y producción de energía
Fuente: SAM



DEMANDA MÁXIMA Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

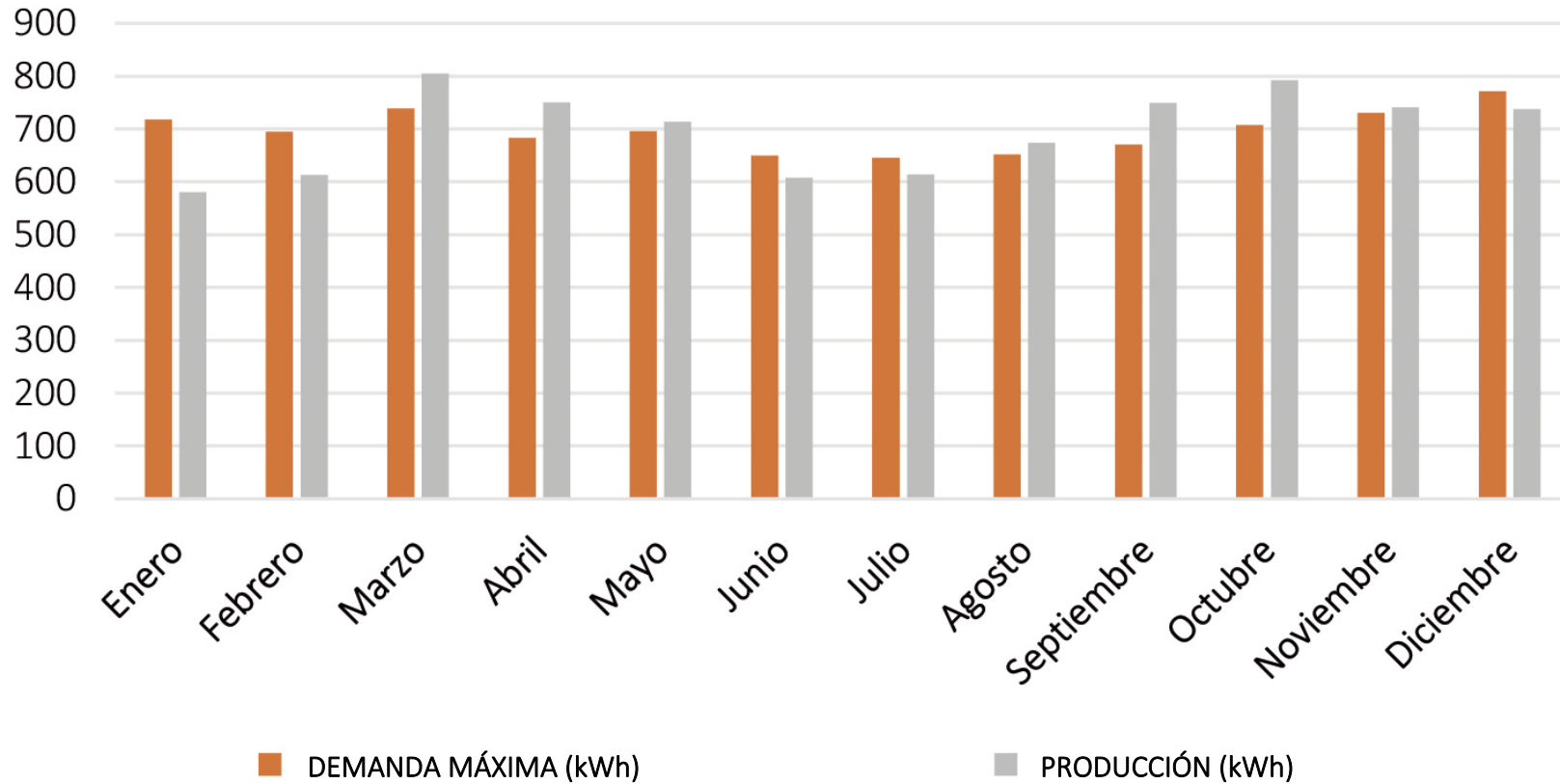


Figura 4.24: Demanda máxima y producción del sistema propuesto
Elaboración: Propia

c. DISEÑO DEL SISTEMA PV EN BASE A LA PRODUCCIÓN MÁXIMA FACTIBLE DE LA CUBIERTA DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO

4.3.2.7 Tamaño del sistema

De forma similar a los casos anteriores, se dimensiona el tamaño del sistema de paneles PV, a diferencia de que en este análisis se toma en cuenta la capacidad máxima del área en la cubierta independientemente del consumo energético, con la finalidad de determinar la producción máxima factible que pueda llegar a generar la cubierta de la vivienda, obteniendo así un total de 22 unidades.

4.3.2.8 Selección del inversor

En base a los procesos de cálculo antes mencionados, se obtiene como resultado un inversor con una potencia necesaria de 8 360 W. Para ello, se ha seleccionado el inversor SUNNY BOY 8000-US de 80 x 58 x 39 cm y con un peso de 18,86 kg. Este inversor cuenta con un rango de potencia de 8 600 W a 10 000 W y una frecuencia de 60,5 Hz.



Figura 4.25: SUNNY BOY 8000-US
Fuente: SUNNY BOY, 2021

Una vez seleccionado el panel monocristalino de 120 células utilizado también en los dos casos anteriores y el tipo de inversor para las nuevas demandas energéticas, se procede a plantear el tamaño de la cadena, para ello se propone diseñar 2 cadenas configuradas en 2 sub-matrices separadas con el fin de conectar cada una de ellas a una entrada mppt del

inversor y así operar a diferentes voltajes. Entre los datos que se necesitan son indispensables: el rango de voltaje del inversor (100 V – 480 V) y el voltaje del circuito abierto del módulo (41,9 V) según las fichas técnicas correspondientes de cada producto.

Como resultado de lo ya mencionado, se plantean 2 cadenas para la cubierta de la propuesta, siendo la primera de 11 paneles y la segunda también de 11, aprovechando de esta manera la máxima capacidad de la cubierta como se puede observar a continuación en la Figura 4.26 y Figura 4.27.

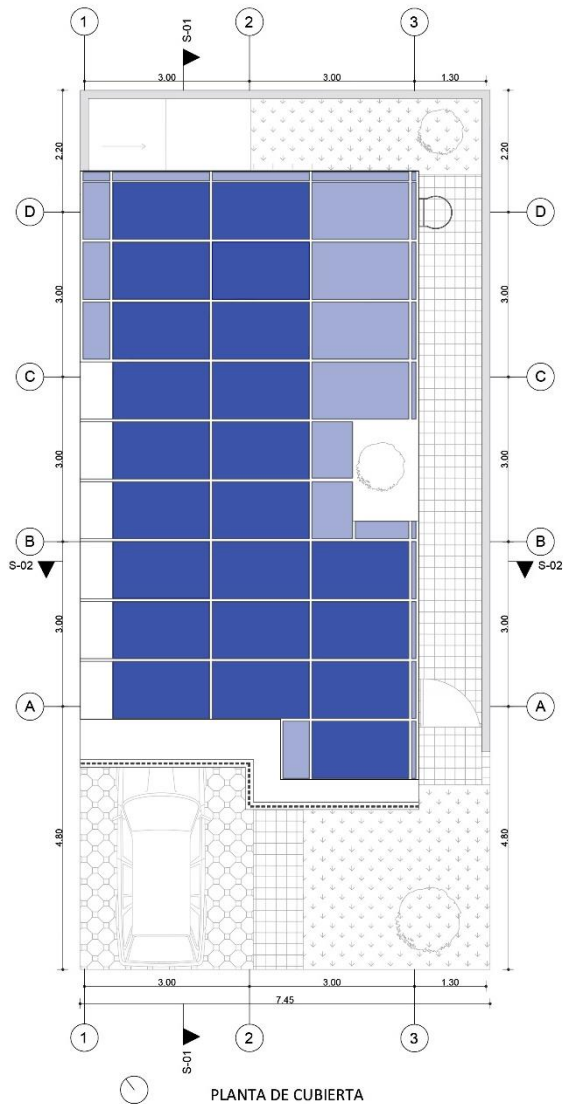


Figura 4.26: Planta de cubierta producción máxima factible – Ubicación y distribución de paneles PV
Elaboración: Propia



Figura 4.27: Planta de cubierta – Producción máxima factible
Elaboración: Propia



Figura 4.28: Detalle del bajante de aguas lluvias en el patio interior
Elaboración: Propia

4.3.2.9 Producción máxima factible de energía

En este apartado se realiza el cálculo de producción energética mensual y anual alcanzado por el sistema PV planteado en la sección anterior para así determinar la producción máxima factible de la cubierta (ver Anexo 38).

El análisis de la producción máxima factible refleja un valor promedio mensual de 858,37 kWh y un valor anual de 10 300,01 kWh tal como se visualiza en la Tabla 4.21.

El propósito de aprovechar la máxima capacidad de la cubierta para instalar paneles PV fue el de alcanzar el estándar Plus Energy House, logrando con ello un excedente de energía anual entorno al consumo base (estándar Net Zero) equivalente a 6 094,44 kWh.

MES	PRODUCCIÓN MÁXIMA FACTIBLE (kWh)
	Panel monocristalino de 120 células
Enero	713,82
Febrero	753,51
Marzo	989,39
Abril	922,00
Mayo	877,95
Junio	747,80
Julio	754,71
Agosto	828,17
Septiembre	921,28
Octubre	973,67
Noviembre	910,35
Diciembre	907,74
TOTAL	10 300,39
PROMEDIO MENSUAL	858,37

Tabla 4.21: Análisis de la producción máxima factible de energía
Fuente: SAM

4.3.2.10 Comparación y resultados del abastecimiento PV para el consumo base, demanda máxima y producción máxima factible

En este apartado, se realizó la comparación de los datos tabulados para el abastecimiento energético del consumo base (estándar Net Zero), de la demanda máxima (estándar Plus Energy House) y de la producción máxima factible (estándar Plus Energy House) bajo los requerimientos necesarios.

Para el caso del consumo base (ver Tabla 4.22), se logra cumplir con el abastecimiento esperado llegando a tener un excedente anual de 0,62% que permitirá cubrir consumos imprevistos.

De igual forma para la demanda máxima (ver Tabla 4.23), se cumple con la intención planteada de abastecer los consumos adicionales que genera un vehículo eléctrico y dos scooter, además de tener un excedente mínimo anual de 0,23%.

Para la producción máxima factible (ver Tabla 4.24), se cumple con el propósito de cubrir el espacio disponible de la cubierta generando un excedente anual de 144,89% en relación al consumo base. Este valor adicional puede ser destinado para cubrir consumos imprevistos o ser vendido a la empresa eléctrica.



Consumo base	
Consumo base (kWh/año)	4 205,95
Tecnología	Panel monocristalino de 120 células
Número de paneles	9
Inversor seleccionado	UNO-DM-3.8-TL-PLUS-US-SB-RA
Rango de potencia del Inversor	3 300 W a 3 442 W
Producción (kWh/año)	4 232,21
Espacio ocupado en cubierta (m2)	16,47
Abastecimiento	100,62%

Tabla 4.22: Resultados del abastecimiento PV para el consumo base
Elaboración: Propia

Demanda máxima	
Demanda máxima (kWh/año)	8 358,67
Tecnología	Panel monocristalino de 120 células
Número de paneles	18
Inversor seleccionado	SunPower SPR-6 501 f-1
Rango de potencia del Inversor	6 500 W a 6 800 W
Producción (kWh/año)	8 378,01
Espacio ocupado en cubierta (m2)	32,94
Abastecimiento	100,23%

Tabla 4.23: Resultados del abastecimiento PV para la demanda máxima
Elaboración: Propia

Producción máxima factible	
Consumo base (kWh/año)	4 205,95
Tecnología	Panel monocristalino de 120 células
Número de paneles	22
Inversor seleccionado	SUNNY BOY 8 000-US
Rango de potencia del Inversor	8 600 W a 10 000 W
Producción máxima (kWh/año)	10 300,39
Espacio ocupado en cubierta (m2)	40,26
Abastecimiento	244,89%

Tabla 4.24: Resultados del abastecimiento PV para la producción máxima factible
Elaboración: Propia



4.3.3 ANÁLISIS FINANCIERO

La instalación de sistemas PV requiere una importante inversión de capital inicial que se ve influenciado por las condiciones locales tales como el espacio disponible, la normatividad, el impacto ambiental y la vida útil (entre 20 y 25 años) (Fernández & Cervantes, 2017).

Si bien el costo inicial de las tecnologías de captación solar supone un gasto elevado, se empieza a generar un ahorro energético desde su instalación.

Para el análisis de factibilidad financiera, se consideró inicialmente el costo de energía facturada en el caso de estudio, cuyo valor es subsidiado por el estado equivalente a \$0,09 el kWh por consumos inferiores a 500 kWh y a \$0,105 por consumos superiores a 500 kWh en el período actual de excepción por la COVID-19. De igual forma es importante tener en cuenta que, el valor por kWh sin ser subsidiado corresponde a \$0,16 y que la tasa de interés activa bancaria actualmente según el Banco Central del Ecuador (BCE, 2021) está en 8,12% incrementando en relación a los años anteriores.

Con estos antecedentes, se procede a analizar el costo de inversión y de producción eléctrica del sistema propuesto anteriormente, el cual

considera como base los valores eléctricos subsidiados con los paneles PV monocristalinos de 120 células. Para la deducción del costo por instalación de 9 paneles (16,47 m² – Consumo base), 18 paneles (32,94 m² – Demanda máxima) y 22 paneles (40,26 m² – Producción máxima factible), se tomaron como referencias los precios reales ofertados por la empresa Helios Strategia Ecuador (ver Tabla 4.25). Además, se calculó que, el ahorro anual que evitaría pagar la vivienda a la empresa eléctrica al presentar el consumo base (estándar Net Zero) sería de \$378,54 con subsidio y \$672,95 sin subsidio y al presentar la demanda máxima (estándar Plus Energy House) sería de \$877,66 con subsidio y \$1 337,39 sin subsidio.

De acuerdo a la producción energética anual del consumo base, se cotizó por los kWh instalados (incluye equipos, trámites municipales y mano de obra) a \$5 130 (estándar Net Zero). Para la demanda máxima anual se cotizó el valor de \$9 918 (Plus Energy House) y para la producción máxima factible anual el valor de \$12 122 (Plus Energy House) (ver Tabla 4.25).

Cabe recalcar que, los costos por adquisición de sistemas PV tienden a disminuir con el tiempo, debido al aumento constante en la demanda.

Por otra parte, con el objetivo de integrar los paneles PV a la edificación, se proponen instalar módulos dummy de apariencia similar a los PV a fin de homogenizar la cubierta, cotizando cada uno de estos módulos falsos a \$83 incluyendo materiales, mano de obra e instalación. El tamaño de los dummy propuestos es de 1,04 m x 1,76 m con materialidad de acero tanto para la placa base que soportará el peso de la carga viva, así como para la estructura del armazón. Es importante tener en cuenta que, al necesitar módulos más pequeños para los remates de la cubierta, los costos de estos se reducirían de forma proporcional (ver Tabla 4.26).



ÍTEM	Unidad	Consumo base	Demanda máxima	Producción máxima factible
		Panel monocristalino de 120 células		
Potencia del panel	W	380	380	380
Cantidad de paneles PV	u	9	18	22
Valor del W instalado	\$	1,50	1,45	1,45
TOTAL DE INVERSIÓN PV (\$)	\$	5 130,00	9 918,00	12 122,00

Tabla 4.25: Costos de inversión de tecnología BIPV
Elaboración: Propia

Como se dijo anteriormente, el gasto monetario para cubrir la demanda energética mediante el sistema PV dependiendo de cada escenario (consumo base, demanda máxima y producción máxima factible) es un valor independiente al gasto monetario realizado por los módulos Dummy, debido a que estos módulos no pertenecen al sistema PV sino a la parte estética de la edificación. Además, como se observa en las Tablas 4.27, 4.28 y 4.29 a continuación, cada sistema PV presenta su propio período de amortización de forma independiente.

ÍTEM	Unidad	Consumo base	Demanda máxima	Producción máxima factible
		Módulo dummy		
Cantidad de módulos dummy	u	20	11	7
Materiales por cada módulo	\$	73,00	73,00	73,00
Mano de obra e instalación (4 personas - 2 días)	\$	200,00	110,00	70,00
TOTAL DE INVERSIÓN (\$)	\$	1 660,00	913,00	581,00

Tabla 4.26: Costos de inversión de módulos dummy
Elaboración: Propia

Por lo tanto, la Tabla 4.26 refleja el total de inversión únicamente por los módulos Dummy instalados para cada escenario. No obstante, se plantea la aplicación de estos módulos con el objetivo de integrar los paneles PV a la construcción (BIPV). Sin embargo, la inversión que representan los Dummy es opcional.

TABLA DE AMORTIZACIÓN		
Años	Gastos anuales por consumo base con subsidio	Inversión Estándar Net Zero
0		-5130,00
1	378,54	-4751,46
2	378,54	-4372,92
3	378,54	-3994,38
4	378,54	-3615,84
5	378,54	-3237,30
6	378,54	-2858,76
7	378,54	-2480,22
8	378,54	-2101,68
9	378,54	-1723,14
10	378,54	-1344,60
11	378,54	-966,06
12	378,54	-587,52
13	378,54	-208,98
14	378,54	169,56
15	378,54	548,10
16	378,54	926,64
17	378,54	1305,18
18	378,54	1683,72
19	378,54	2062,26
20	378,54	2440,80
21	378,54	2819,34
22	378,54	3197,88
23	378,54	3576,42
24	378,54	3954,96
25	378,54	4333,50
Gasto acumulado en 25 años	9463,5	

Tabla 4.27: Tabla de amortización – Consumo base
Elaboración: Propia

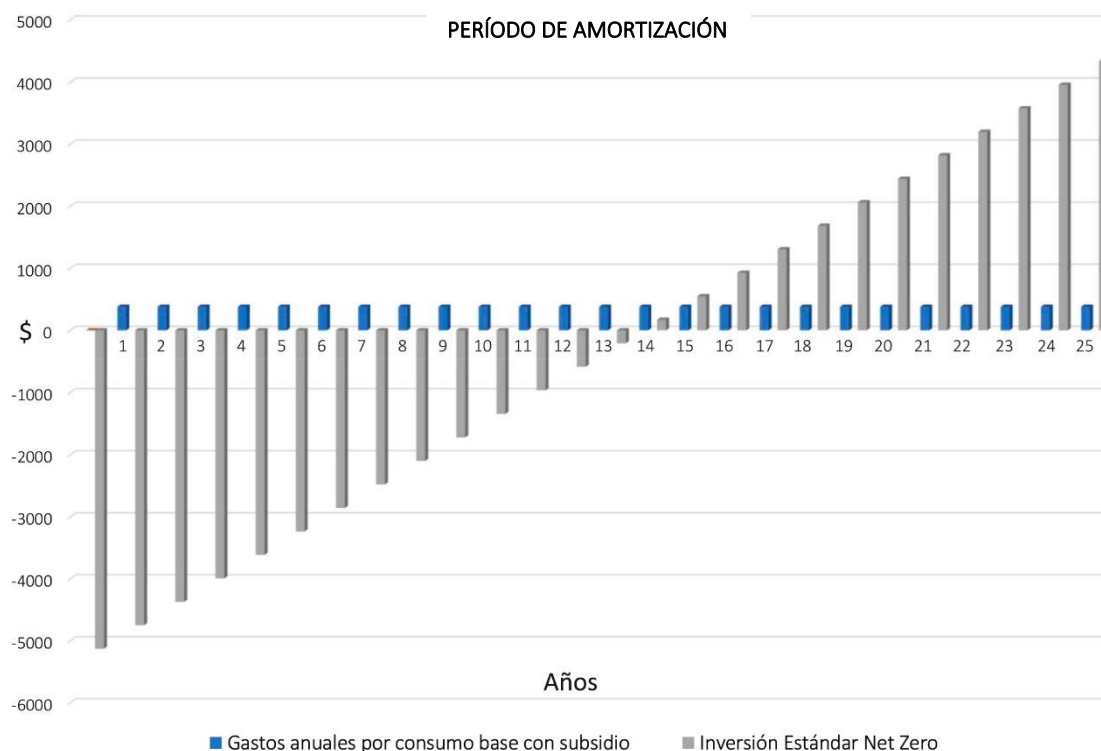


Figura 4.29: Periodo de amortización – Consumo base
Elaboración: Propia

• PERÍODO DE AMORTIZACIÓN

En la Tabla 4.27 y Figura 4.29 se plantean 2 escenarios, el primero corresponde a los gastos anuales por consumo base con subsidio como un dato constante en los 25 años de vida útil del sistema PV, cuyo objetivo es determinar el gasto acumulado por el consumo habitual de energía en el transcurso de todo ese tiempo.

En cuanto al segundo escenario, corresponde al abastecimiento básico de las necesidades frecuentes (estándar Net Zero) que al ser pequeño el dimensionamiento del sistema, la inversión es proporcional con \$5 130 cuyo valor es amortizado en 13 años.

TABLA DE AMORTIZACIÓN		
Años	Gastos anuales por demanda máxima con subsidio	Inversión Estándar Plus Energy House
0		-9918
1	877,66	-9040,34
2	877,66	-8162,68
3	877,66	-7285,02
4	877,66	-6407,36
5	877,66	-5529,70
6	877,66	-4652,04
7	877,66	-3774,38
8	877,66	-2896,72
9	877,66	-2019,06
10	877,66	-1141,40
11	877,66	-263,74
12	877,66	613,92
13	877,66	1491,58
14	877,66	2369,24
15	877,66	3246,90
16	877,66	4124,56
17	877,66	5002,22
18	877,66	5879,88
19	877,66	6757,54
20	877,66	7635,20
21	877,66	8512,86
22	877,66	9390,52
23	877,66	10268,18
24	877,66	11145,84
25	877,66	12023,50
Gasto acumulado en 25 años	21941,5	

Tabla 4.28: Tabla de amortización – Demanda máxima
Elaboración: Propia

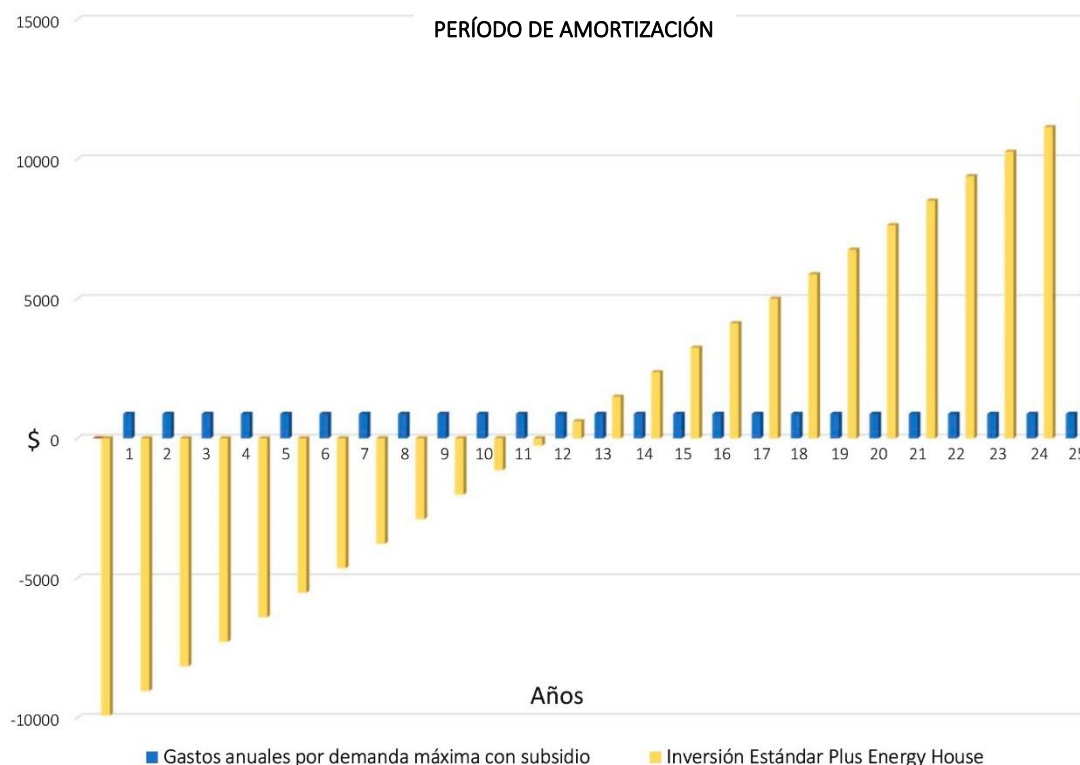


Figura 4.30: Período de amortización – Demanda máxima
Elaboración: Propia

• PERÍODO DE AMORTIZACIÓN

En la Tabla 4.28 y Figura 4.30 se plantean 2 escenarios, el primero corresponde a los gastos anuales por demanda máxima con subsidio como un dato constante en los 25 años de vida útil del sistema PV, cuyo objetivo es determinar el gasto acumulado por el consumo habitual de energía en el transcurso de todo ese tiempo.

En cuanto al segundo escenario, corresponde al abastecimiento de las demandas máximas (estándar Plus Energy House) cuyo dimensionamiento requiere una inversión de \$9 918 amortizado en 11 años.

TABLA DE AMORTIZACIÓN		
Años	Gastos anuales por producción máxima factible con subsidio	Inversión Estándar Plus Energy House (capacidad máx.)
0		-12122
1	1081,54	-11040,46
2	1081,54	-9958,92
3	1081,54	-8877,38
4	1081,54	-7795,84
5	1081,54	-6714,30
6	1081,54	-5632,76
7	1081,54	-4551,22
8	1081,54	-3469,68
9	1081,54	-2388,14
10	1081,54	-1306,60
11	1081,54	-225,06
12	1081,54	856,48
13	1081,54	1938,02
14	1081,54	3019,56
15	1081,54	4101,10
16	1081,54	5182,64
17	1081,54	6264,18
18	1081,54	7345,72
19	1081,54	8427,26
20	1081,54	9508,80
21	1081,54	10590,34
22	1081,54	11671,88
23	1081,54	12753,42
24	1081,54	13834,96
25	1081,54	14916,50
Gasto acumulado en 25 años	27038,5	

Tabla 4.29: Tabla de amortización – Producción máxima factible
Elaboración: Propia

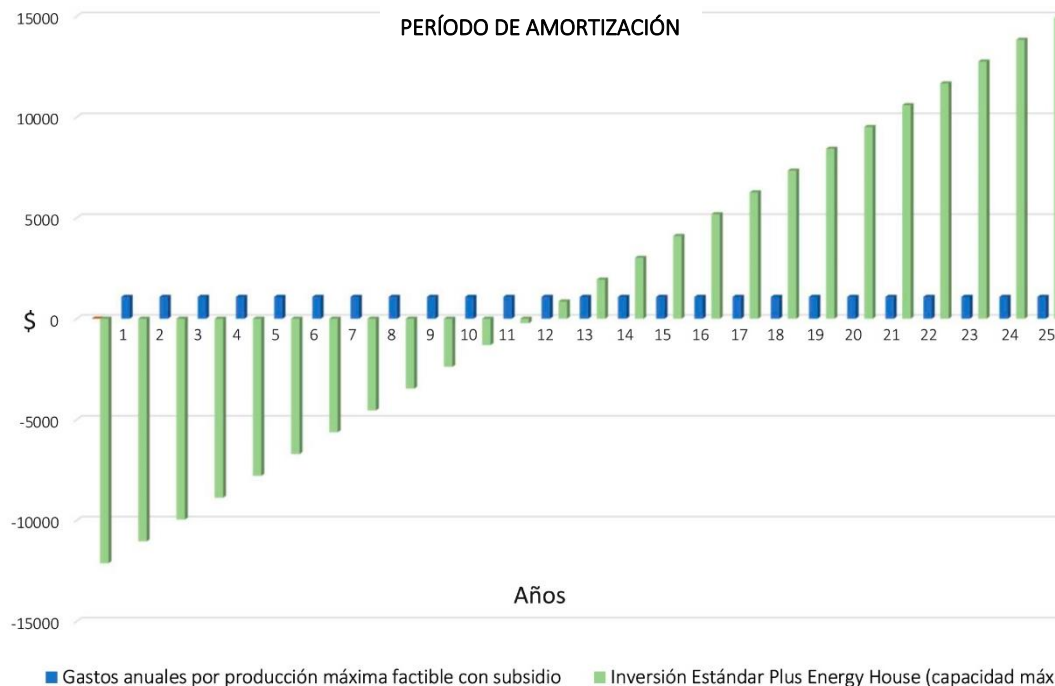


Figura 4.31: Período de amortización – Producción máxima factible
Elaboración: Propia

• **PERÍODO DE AMORTIZACIÓN**

En la Tabla 4.29 y Figura 4.31 se plantean 2 escenarios, el primero corresponde a los gastos anuales por producción máxima factible con subsidio como un dato constante en los 25 años de vida útil del sistema PV, cuyo objetivo es determinar el gasto acumulado por el consumo habitual de energía en el transcurso de todo ese tiempo.

En cuanto al segundo escenario, corresponde al abastecimiento de la producción máxima factible (estándar Plus Energy House) cuyo dimensionamiento requiere una inversión de \$12 122 amortizado en 11 años.

Al comparar los 3 dimensionamientos del sistema PV se concluye que, la inversión inicial se recupera aproximadamente en la mitad del tiempo de vida útil del sistema, lo que lo vuelve viable financieramente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 5





CONTENIDOS

Conclusiones

Recomendaciones



5.1 CONCLUSIONES

Luego de seleccionar y analizar la vivienda tipo para el caso de estudio se demostró que, actualmente existe una alta dependencia energética puesto que, los usuarios consumen un promedio de 607,67 kWh al mes (7 292 kWh al año) facturando un promedio mensual de \$62,26 con subsidio (\$747,08 al año), esto debido a las altas temperaturas habituales entre 29 °C y 31 °C en la mayor parte del año que caracterizan a la ciudad de Portoviejo y por ende su afección en el interior de la vivienda, situación que es apacible mediante la refrigeración mecánica la cual demanda el 56% del consumo energético total, demostrando de esta manera una necesidad constante de buscar el confort de habitación.

En base al caso de estudio, se planteó una propuesta de rediseño considerando semejanzas de áreas, distribución espacial y obra gris, todo ello mediante un enfoque principal de estrategias pasivas de diseño arquitectónico correspondientes a una zona climática húmeda muy calurosa, consiguiendo de esta manera menores dependencias energéticas (350,50 kWh al mes, 4 205,95 kWh al año) y económicas (\$31,54 al mes, \$378,54 al año). A esto se le complementó con la incorporación de un sistema PV, el cual

configura la dependencia de la red eléctrica local puesto que, la vivienda no solo produce y utiliza su propia energía, sino que al mismo tiempo aporta energía a la red; todo ello se calculó mediante el uso de programas digitales que permiten modelar las edificaciones (caso de estudio y propuesta), emplazarlas en la ciudad de estudio y analizar aspectos como el consumo energético, el nivel de confort y la capacidad de producción de energía mediante paneles PV.

La considerable reducción de dependencia energética que se presenta en la propuesta de rediseño, se debe a la alta eficiencia de la vivienda para mantenerse a temperaturas apropiadas (24 °C - 25 °C) para los usuarios, principalmente por el uso de una cubierta ventilada con efecto stack, misma que integra (BIPV) paneles PV capaces de abastecer las demandas energéticas actuales como imprevistas (Consumo base: 4 205,95 kWh al año y Demanda máxima: 8 358,67 kWh al año).

Por lo tanto, los resultados antes mencionados demuestran que, aplicando estrategias pasivas de diseño en una edificación ubicada en zona climática húmeda muy calurosa, se consigue un alto grado de independencia energética, mismo que se refleja en la reducción del uso de refrigeración mecánica y por consiguiente en la reducción de los pagos facturados por planillas

eléctricas. Sumado a lo antes mencionado, la incorporación de un sistema PV contribuye a un ahorro económico aún mayor por energía a largo plazo, consiguiendo para la inversión total del consumo base (9 paneles) equivalente a \$5 130 una recuperación en los primeros 13 años en relación a los pagos anuales de \$378,54 que realizarían por consumo de energía de la propuesta de rediseño. En cuanto a la inversión total del sistema para la demanda máxima (18 paneles) equivalente a \$9 918, este se recuperaría en los primeros 11 años en relación a los pagos anuales de \$877,66; y, para la inversión total de la producción máxima factible (22 paneles) equivalente a \$12 122,00, este se recuperaría igualmente en los primeros 11 años.

Finalmente, una vez recopilado todos los análisis y resultados del caso de estudio y propuesta de rediseño en este presente trabajo de titulación, se realizaron las respectivas comparaciones obteniendo como resultados un alto grado de viabilidad técnica, sustentable y económica para instalar sistemas de paneles PV en la región Costa de la República del Ecuador.



5.2 RECOMENDACIONES

1

Tras la culminación del presente trabajo se recomienda que, la información analizada y presentada, sea ampliada a futuras investigaciones desde el campo académico y técnico investigativo con el fin de evidenciar los aportes proporcionados y que a su vez se motive al estudio de nuevos sistemas y tecnologías solares en clima tropical ecuatorial integrados a la arquitectura capaces de generar una mayor producción energética en menor área de ocupación.

2

Además, se recomienda que, al ser una gran innovación con positivo impacto ambiental, se empiece a adaptar no solo en las nuevas edificaciones sino en las ya existentes, de tal manera que se contribuya a aumentar el 0,51% de la energía proveniente de sistemas PV en el Ecuador (ARCONEL, 2020) y por ende incrementar la matriz energética diversificada.

3

También, se recomienda utilizar el sistema interconectado a la red eléctrica principalmente en la zona urbana puesto que, a diferencia de los equipos aislados, no requieren de baterías costosas para el almacenamiento de la energía sino que la red local funciona como almacenamiento mediante un medidor bidireccional, el cual permite llevar un registro de la energía que la vivienda inyecta a la red y la que se extrae de la misma, siendo incluso un sistema más amigable con el medio ambiente.

4

Por último, en el ámbito económico, el sistema PV requiere de una inversión inicial elevada, por lo que sería recomendado mediante políticas nacionales se incentive el uso de esta fuente limpia a través de subsidios o convenios con empresas públicas para que su adquisición sea más viable y consecuentemente reduzca el uso de fuentes contaminantes. Cabe recalcar que, es una inversión con ganancias económicas a largo plazo.



**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

A

- ABB. (2018). *ABB string inverters PVS-100/120-TL*. 6–9. www.abb.com/solarinverters
- Acuatroarquitectos. (2020). *Instalación de paneles solares en edificios construidos*. <https://www.acuatroarquitectos.com/paneles-solares-en-cubiertas-condicionantes/>
- ARCONEL. (2018). Resolución Nor. ARCONEL - 042/18 Regulacion Nor. ARCONEL-003/18. In *ARCONEL* (p. 41). <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/04-2-18.pdf>
- ARCONEL. (2020). *Balance Nacional de Energía Eléctrica – ARCONEL*. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/balance-nacional/>
- ARCONEL. (2020). *GOBIERNO NACIONAL ADOPTA MEDIDAS DE COMPENSACIÓN EN TARIFAS ELÉCTRICAS DURANTE EMERGENCIA SANITARIA – ARCONEL*. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/gobierno-nacional-adopta-medidas-de-compensacion-en-tarifas-electricas-durante-emergencia-sanitaria/>
- Arroba, M., & Mencías, D. (2009). *Integración arquitectónica de algunas energías renovables. Impacto estructural*.
- Arquimaster. (2018). *Cómo se construye una vivienda sana*. <https://www.arquimaster.com.ar/web/como-se-construye-una-vivienda-sana/>
- Arquitectura Sustentable. (2015). *Programa ECOTECH*. <http://arquitecturasustentableblogs.blogspot.com/>
- Arquitectura Viva. (2018). *Escuela secundaria, Dano - Diébédo Kéré Architecture*. <https://arquitecturaviva.com/obras/escuela-secundaria-de-dano>
- BCE. (2021). *Tasas de interés efectivas vigentes*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/TasasVigentes072021.htm>
- Bellini, E. (2020). *Ya hay 583,5 GW de energía fotovoltaica operativa en todo el mundo*. <https://www.pv-magazine.es/2020/04/07/ya-hay-5835-gw-de-energia-fotovoltaica-operativa-en-todo-el-mundo/>
- Blender, M. (2015). *El confort térmico - Arquitectura y Energía*. <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>
- Bureau, S. N. (2016). *El mercado global de energía fotovoltaica integrada en edificios (BIPV) crecerá a una tasa compuesta anual de casi el 10%: Technavio*. <https://www.saurenergy.com/solar-energy-news/global-building-integrated-photovoltaics-bipv-market-to-grow-at-a-cagr-of-almost-10-percents-technavio>

B

- Barbero, M., López, G., García, M., & García, M. (2013). *Caracterización de viviendas: propuesta de toma de datos para proyectar y ejecutar intervenciones rehabilitadoras que permitan el uso eficiente de recursos y energía - Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4616800>
- Barnes, D. (2010). *Designing a Livable Passive Solar Home*. <https://www.permaculturereflections.com/designing-a-livable-passive-solar-home/>

C

- Casals. (2019). *Cómo calcular las renovaciones por hora según la actividad de un local*. Tablas de cálculo para una correcta ventilación de un local con actividad. 7–7.
- CELEC. (2014). *Vigente el mecanismo para subsidio eléctrico*.



<https://www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/86-noticias/398-vigente-el-mecanismo-para-subsidio->

Célere. (2019). *La importancia de la calificación energética A en obra nueva | Vía Célere*. <https://www.viacelere.com/blog/calificacion-energetica-a/>

CENERGIA. (2020). *¿Cuánta Energía Consume un Scooter Eléctrico?* <https://cenergia.org.pe/blog/cuanta-energia-consume-un-scooter-electrico/>

CONELEC. (2013). Aspects of Sustainability and Social and Environmental Sustainability. *Master Plan of Electrification 2013-2022*, 380. <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/pl-an-maestro-de-electrificacion-2013-2022/>

Correa, P., González, D., & Pacheco, J. (2016). ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE: SU REGULACIÓN JURÍDICA EN ECUADOR. *Revista Universidad y Sociedad*, 8. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000300024

CSO Arquitectura. (2020). *Vivienda Boadilla del Monte - Passivhaus*. <https://www.csoarquitectura.com/portfolio/vivienda-boadilla-del-monte/>

CTE. (2019). *Documento Básico HS_Salubridad*.

184. <http://www.arquitectura-tecnica.com/hit/Hit2016-2/DBHE.pdf>

D

DesignBuilder. (2021). *Simulaciones avanzadas de edificios*. <https://www.designbuilder-lat.com/>

Domenech, L., & Partner, L. (2019). *Edificio de viviendas para 4 amigos / Lussi+Partner AG + Lola Domenech | Plataforma Arquitectura*. https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/929199/edificio-de-viviendas-para-4-amigos-lussi-plus-halter-partner-ag-plus-lola-domenech?ad_medium=gallery

E

Ecolerc. (2021). *INVERSOR FRONIUS*. <https://ecolerc.com/categoria-producto/inversor-fronius/>

efENERGIA. (2020). *Normativas en el mundo sobre eficiencia energética*. <https://www.efenergia.com/legislacion-eficiencia-energetica/>

Energía de Castilla. (2020). *Fotovoltaica*. <https://energiacastillalamanca.net/tag/fotovoltaica/page/2/>

Estrada, G. (2013). *Transición energética*,

energías renovables y energía solar de potencia. *Revista Mexicana de Física*, 59(2), 75–84. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57030971010>

F

Fernández, L., & Cervantes, A. (2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira*. Centro de Investigación En Materiales Avanzados, S.C., 136. <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/1927>

Foster, N. (2010). *Norman Foster: “Un edificio es como una vida” | El Imparcial*. <https://www.elimparcial.es/noticia/71840/entrevistas/norman-foster:-un-edificio-es-como-una-vida.html>

Free Energy. (2021). *What is HYSS?* <https://www.free-energy.com/en/hyss>

G

García, E. (2016). *Edificios “Net Zero” la próxima generación de construcciones sustentables – Inmobiliare*. <https://inmobiliare.com/edificios-net-zero-la-proxima-generacion-de-construcciones-sustentables/>

Generac. (2021). *Generac PWR Cell, Model #: XVT076A03. 11402, 3–4.*

Global Carbon Project. (2018). *Las emisiones mundiales de CO2 crecen y vuelven a marcar un récord | Sociedad | EL PAÍS.* https://elpais.com/sociedad/2018/12/05/actualidad/1544012893_919349.html

Global Solar Atlas. (2021). *Global Solar Atlas.* <https://globalsolaratlas.info/map?c=-2.580914,-83.408203,6&r=ECU>

Goodman, J., & D'Antonio, P. (2021). *Consultoría - Ingeniero de especificación | ¿Qué significa carbono cero neto en los edificios?* <https://www.csemag.com/articles/what-does-net-zero-carbon-mean-in-buildings/>

Google Maps. (2021). *Caso de estudio 1°00'57.5"S 80°28'18.6"W.* <https://www.google.com/maps/place/1°00'57.5%22S+80°28'18.6%22W/@-1.0157993,-80.4723539,290m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0xdfbe3ae3d275a136!8m2!3d-1.015978!4d-80.471825?hl=es>

GRAPHISOFT. (2021). *Graphisoft – Construir Juntos.* <https://graphisoft.com/es>

Guzmán, D. (2020). *DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA EL CÁLCULO DE LA PLANILLA DEL SERVICIO ELÉCTRICO ECUATORIANO EN BASE A LA TARIFA*

RESIDENCIAL DEL PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN.

H

Herrera, L. (2013). *Temperatura y rangos de confort térmico en viviendas de bajo costo en clima árido seco.* <https://1library.co/document/z33mwndz-temperatura-rangos-confort-térmico-viviendas-costo-clima-árido.html#fulltext-content>

Hispalyt. (2018). *Cubiertas ventiladas de teja.*

Huellas de Arquitectura. (2018). *Medidas activas y pasivas en la arquitectura bioclimática.* <https://huellasdearquitectura.wordpress.com/2018/09/12/medidas-activas-y-pasivas-en-la-arquitectura-bioclimatica/>

I

INAMHI. (2018). *Altos índices de rayos UV en Costa y Sierra del país. 460.*

INEC. (2012). *Encuesta nacional de empleo, subempleo y desempleo. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Ecuador.*

Ingenieros, A. (2020). *Qué son las fachadas*

ventiladas y cómo funcionan. <https://ingenierosasesores.com/actualidad/fachada-ventilada-que-es/>

Instituto Valenciano de la Edificación. (2014). *Guía De Estrategias De Diseño Pasivo Para La Edificación. Mesa de Estrategias de Diseño Sostenible, 1, 66.* http://www.five.es/publicaciones/pdf/EXTRACTO_EDPE.pdf

J

Jelle, B. P. (2016). *Building integrated photovoltaics: A concise description of the current state of the art and possible research pathways.* *Energies*, 9(1), 1–30. <https://doi.org/10.3390/en9010021>

K

KNAUF. (2019). *Breve historia de la Passive House | Knauf Blog.* <https://blog.knauf.es/historia-de-la-passive-house/>

L

Looney, B. (2020). *Statistical Review of World Energy, 2020 | 69th Edition. Bp, 69, 66.* <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy->



economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf

López, N. (2020). *Previsión de inversión en energías renovables en los próximos años*. <https://www.energynews.es/informe-prevision-inversion-energias-renovables-72176/>

M

Macías, J., Valarezo, L., & Loor, G. (2018). Los Diferentes Costos que Tiene la Energía Eléctrica en el Ecuador Considerando los Cambios de la Estructura Actual. *Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 3(2), 29. <https://doi.org/10.33936/riemat.v3i2.1628>

Maura. (2018). *Electrodomésticos más eficientes para mayor eficiencia energética*. <https://decohogar.net/electrodomesticos-eficientes/>

Meteoblue. (2021). *Clima Portoviejo*. https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/portoviejo_ecuador_3652941

Ministerio de Energía y Recursos Renovables. (2020). *Plan Maestro de la Electricidad. Expansión de la generación*.

<https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LA-GENERACION.pdf>

Mora, F. (2011). *Estudio de factibilidad para la incorporación de un sistema solar fotovoltaico en el edificio RTV Ecuador*.

Morillón, D., & Ceballos, F. (2015). *Metodología para la sustentabilidad energética de los edificios, Vivienda net zero energy*.

Mundo Constructor. (2018). *Normas sostenibles toman forma en Ecuador*. <https://www.mundoconstructor.com.ec/normas-sostenibles-toman-forma-en-ecuador/>

N

NEC. (2015). *CARGAS (NO SÍSMICAS)*.

NEC. (2018). *EFICIENCIA ENERGÉTICA en Edificaciones Residenciales*.

Noguera, E. (2016). El Método de Análisis Bioclimático, un ejemplo de aplicación. *UGCiencia*, 21, 48. <https://doi.org/10.18634/ugcj.21v.1i.424>

NREL. (2020). *Modelo de asesor de sistemas (SAM)*. <https://sam.nrel.gov/download.html>

O

ONU. (2006). *Cambio climático | Naciones Unidas*. <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>

Ordóñez, A. (2014). Manual de ayuda DesignBuilder en español. 417. http://files.designbuilder.cl/200000040-92fe693f9f/ManualDB-Español_2014-12-03.pdf

P

Palazzesi, A. (2010). *Plus-Energy House: Casa solar autónoma*. <https://www.neoteo.com/plus-energy-house-casa-solar-autonoma/>

Palme, M., Lobato, A., Gallardo, A., Beltrán, R. D., Castillo, J., Villacreses, G., Almaguer, M., & Godoy, F. (2017). Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas. *Kemampuan Koneksi Matematis (Tinjauan Terhadap Pendekatan Pembelajaran Savi)*, 53(9), 67.

Plataforma Arquitectura. (2013). *Net Zero Energy House / Lifethings*. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-236239/net-zero-energy-house-lifethings>

Plataforma Arquitectura. (2021). *Edificio de*

viviendas para 4 amigos / Lussi+Partner AG + Lola Domenech.
<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/929199/edificio-de-viviendas-para-4-amigos-lussi-plus-halter-partner-ag-plus-lola-domenech>

R

Recalde, M. (2012). Importancia del autoabastecimiento energético: Impactos directos e indirectos sobre el crecimiento. *Ciencias Económicas*, 30(1), 87–107.

Roca, R. (2018). *La energía en el mundo en 2050: 50% renovables, 50% combustibles fósiles.* <https://elperiodicodelaenergia.com/la-energia-en-el-mundo-en-2050-50-renovables-y-nuclear-50-combustibles-fosiles/>

RTVE. (2019). *arquitectura sustentable.* <http://arqarquitecturasustentableblogs.blogspot.com/>

S

Satatista. (2020). *Población en Ecuador por provincia 2020.* <https://es.statista.com/estadisticas/1191532/numero-de-personas-en-ecuador-por-provincia/>

Sistema Masa. (2021). *Productos - Sistema*

Masa.

<http://www.sistemamasa.com/en/productos/detalle/9/profile-premium#prod5>

T

Tama, A. (2013). *Energía COCINA DE INDUCCIÓN VERSUS COCINA A GAS (GLP).* 8–14.

Tempio. (2021). *Qué son las fachadas ventiladas y tipos.* <https://www.tempio.es/fachadas-ventiladas.php>

Torres, J. (2015). *Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca.* 1–176. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8050/1/UPS-CT004893.pdf>

Trina Solar. (2021). *Productos Solares, Tipos de Paneles Solares.* <https://www.trinasolar.com/es/product>

Trina Solar. (2019). *The Honey M, framed 60 layout module.*

Twenergy. (2019). *Consecuencias del Uso de Combustibles Fósiles.* <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/medio-ambiente/la-electricidad-frente-al-combustible-2734/>

V

Vaca, D. (2018). *Validación de datos satelitales de radiación solar utilizando mediciones terrestres para el Ecuador.* <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19516>

Vásquez, A., Rodríguez, M., Saltos, W., Rodríguez, C., & Cuenca, L. (2018). Rendimiento energético, económico y ambiental de una Central Fotovoltaica de 3,4 KWp en el modo de la generación distribuida (GD). 47. <http://www.revistaespacios.com/a18v39n47/18394734.html>

Vera, M. A. (2005). *Master en Energías Renovables y Mercado Energético.*

W

WeatherSpark. (2020). *Clima promedio en Dano, Burkina Faso, durante todo el año.* <https://es.weatherspark.com/y/36511/Clima-promedio-en-Dano-Burkina-Faso-durante-todo-el-año>

Z

Zalamea, E., & Barragán, A. (2021). *Arquitectura, Sol y Energía.* Cuenca: FAUC publicaciones, 2021. ISBN 978-9978-14-462-6

ANEXOS





PLANILLAS EMITIDAS POR LA CNEL EP

Año 2019

Empresa Eléctrica Pública Entregadora Nacional de Electricidad CNEL EP • E.U.C. (R.S.) - Calle F. Sola y Malcom - Telf: 033(0)33000 - Maicao - Ecuador

Factura No. 033-001-022884884
No Autorización 1124562777
Ambiente PRODUCCION
Emisión NORMAL
Fecha de autorización 2019/ABR/02 - 2020/ABR/02
Fecha de Emisión: 2019/OCT/02
Fecha de Venimiento: 2019/OCT/17

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 47,83

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Culebras, piso 3
Guayaquil - Ecuador
Telf: (043) 272 210

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 30-Ago-19 Hasta: 30-Set-19 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: Leído
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS		Consumo	Unid.	Valores
	Actual	Anterior			
Eng. Activa	8317,00	7970,00	347	kWh	33,64

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
CARGO POR ENERGIA 33.64
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 35.05
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 3.51
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 3.51
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO. 3.51
SUBTOTAL OTROS: 3.51
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 42.07

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento 0.00
Tarifa de dignidad 0.00
Total 0.00

2. VALORES PENDIENTES
CONCEPTO VALOR
Planillas anteriores 0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
CONCEPTO VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0.00

Clave acceso

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) 42.07
Valores Pendientes (2) 0.00
Recaudación Terceros SE (3) 0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) 42.07

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 1

Empresa Eléctrica Pública Entregadora Nacional de Electricidad CNEL EP • E.U.C. (R.S.) - Calle F. Sola y Malcom - Telf: 033(0)33000 - Maicao - Ecuador

Factura No. 033-001-022878912
No Autorización 1124562777
Ambiente PRODUCCION
Emisión NORMAL
Fecha de autorización 2019/ABR/02 - 2020/ABR/02
Fecha de Emisión: 2019/NOV/06
Fecha de Venimiento: 2019/NOV/21

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 51,12

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Culebras, piso 3
Guayaquil - Ecuador
Telf: (043) 272 210

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 30-Set-19 Hasta: 30-Oct-19 Días Facturados: 30 Tipo Consumo: Leído
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS		Consumo	Unid.	Valores
	Actual	Anterior			
Eng. Activa	8688,00	8317,00	371	kWh	36,16

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
CARGO POR ENERGIA 36.16
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 37.57
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 3.76
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 3.76
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO. 3.76
SUBTOTAL OTROS: 3.76
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 45.09

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento 0.00
Tarifa de dignidad 0.00
Total 0.00

2. VALORES PENDIENTES
CONCEPTO VALOR
Planillas anteriores 0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
CONCEPTO VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0.00

Clave acceso

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) 45.09
Valores Pendientes (2) 0.00
Recaudación Terceros SE (3) 0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) 45.09

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 2



Año 2020

Empresa Eléctrica Pública Intermunicipal Dependencia Nacional de Electricidad CNEL EP • EJECUTORIAL: Cádiz y Valdeón • TEL: 0231/02000 • MÉRIDA • ECUADOR

Factura No. 033-001-023256737
No Autorización 1124562777
Ambiente PRODUCCION
Emisión NORMAL
Fecha de autorización 2019/ABR/02 - 2020/ABR/02
Fecha de Emisión 2019/DIC/03
Fecha de Vencimiento: 2019/DIC/18

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 58,82

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Culebras, piso 3
Guayaquil - Ecuador
TEL: (043) 972 210

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 30-Oct-19 Hasta: 29-Nov-19 Días Facturados: 30 Tipo Consumo: Leído
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS				Valores
	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	
Eng. Activa	\$115,00	\$688,00	477	kWh	42,04

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACION 1,41
CARGO POR ENERGIA 42,04
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 43,45
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 4,35
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 4,35
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO: 4,35
SUBTOTAL OTROS: 4,35
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 52,15

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento 0,00
Tarifa de dignidad 0,00
Total 0,00

EL GOBIERNO SUBSIDIA ESTE SERVICIO

2. VALORES PENDIENTES
CONCEPTO VALOR
Planillas anteriores 0,00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0,00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
CONCEPTO VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0,00

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) \$2,15
Valores Pendientes (2) 0,00
Recaudación Terceros SE (3) 0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) \$2,15

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 3

Empresa Eléctrica Pública Intermunicipal Dependencia Nacional de Electricidad CNEL EP • EJECUTORIAL: Cádiz y Valdeón • TEL: 0231/02000 • MÉRIDA • ECUADOR

Factura No. 033-001-023542525
No Autorización 1124562777
Ambiente PRODUCCION
Emisión NORMAL
Fecha de autorización 2019/ABR/02 - 2020/ABR/02
Fecha de Emisión 2020/ENE/04
Fecha de Vencimiento: 2020/ENE/19

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 65,96

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Culebras, piso 3
Guayaquil - Ecuador
TEL: (043) 972 210

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 29-Nov-19 Hasta: 31-Dic-19 Días Facturados: 32 Tipo Consumo: null
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS				Valores
	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	
Eng. Activa	\$594,00	\$115,00	479	kWh	47,50

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACION 1,41
CARGO POR ENERGIA 47,50
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 48,91
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 4,90
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 4,90
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO: 4,89
SUBTOTAL OTROS: 4,89
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 58,70

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento 0,00
Tarifa de dignidad 0,00
Total 0,00

EL GOBIERNO SUBSIDIA ESTE SERVICIO

2. VALORES PENDIENTES
CONCEPTO VALOR
Planillas anteriores 0,00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0,00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
CONCEPTO VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0,00

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) \$8,70
Valores Pendientes (2) 0,00
Recaudación Terceros SE (3) 0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) \$8,70

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 4



Empresa Eléctrica Pública Entregadora Nacional de Electricidad (ENEL EP) • C.U.C.P.S.A.L. Calle F. Sot y Malcom • Telf: 0262(0200) • Manabí • Ecuador

FACTURA No. 033-001-023813854
 No Autorización 1124562777
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión NORMAL
 Fecha de autorización 2019/ABR/02 - 2020/ABR/02
 Fecha de Emisión: 2020/FEB/04
 Fecha de Venimiento: 2020/FEB/19

Mejía: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Culebras, piso 3
 Guayaquil - Ecuador
 Telf: (043) 272 210

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
 Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
 Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
 Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
 Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
 Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
 Medidor: 20535497 Desde: 31-Dic-19 Hasta: 30-Ene-20 Días Facturados: 30 Tipo Consumo: null
 Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS		Consumo	Unid.	Valores
	Actual	Anterior			
Eng. Activa	10299.00	8594.00	705	kWh	71.43

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
 CARGO POR ENERGIA 71.43
 SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 72.84
 SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 7.30
 SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 7.30
 1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 SUBSIDIO DE CONSUMO: 7.28
 SUBTOTAL OTROS: 7.28
 TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 87.42

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
 Cocción y calentamiento 0.00
 Tarifa de dignidad 0.00
 Total 0.00

EL GOBIERNO SUBSIDIA ESTE SERVICIO

2. VALORES PENDIENTES
 CONCEPTO VALOR
 Planillas anteriores 0.00
 TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
 ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
 CONCEPTO VALOR
 RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0.00

TOTAL
 Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) 87.42
 Valores Pendientes (2) 0.00
 Recaudación Terceros SE (3) 0.00
 TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) 87.42

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 5

Empresa Eléctrica Pública Entregadora Nacional de Electricidad (ENEL EP) • C.U.C.P.S.A.L. Calle F. Sot y Malcom • Telf: 0262(0200) • Manabí • Ecuador

FACTURA No. 033-001-024098642
 No Autorización 1124562777
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión NORMAL
 Fecha de autorización 2019/ABR/02 - 2020/ABR/02
 Fecha de Emisión: 2020/MAR/04
 Fecha de Venimiento: 2020/MAR/19

Mejía: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Culebras, piso 3
 Guayaquil - Ecuador
 Telf: (043) 272 210

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
 Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
 Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
 Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
 Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
 Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
 Medidor: 20535497 Desde: 30-Ene-20 Hasta: 29-Feb-20 Días Facturados: 30 Tipo Consumo: null
 Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS		Consumo	Unid.	Valores
	Actual	Anterior			
Eng. Activa	10916.00	10299.00	617	kWh	61.99

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
 CARGO POR ENERGIA 61.99
 SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 63.40
 SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 6.35
 SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 6.35
 1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 SUBSIDIO DE CONSUMO: 6.34
 SUBTOTAL OTROS: 6.34
 TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 76.09

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
 Cocción y calentamiento 0.00
 Tarifa de dignidad 0.00
 Total 0.00

EL GOBIERNO SUBSIDIA ESTE SERVICIO

2. VALORES PENDIENTES
 CONCEPTO VALOR
 Planillas anteriores 0.00
 TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
 ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
 CONCEPTO VALOR
 RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0.00

TOTAL
 Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) 76.09
 Valores Pendientes (2) 0.00
 Recaudación Terceros SE (3) 0.00
 TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) 76.09

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 6



Empresa Eléctrica Pública Intermunicipal Dependencia Nacional de Electricidad CNEL EP • EJECUTIVA: Caba y Vahorra • TEL: 033(0200) 140000 • Manabí - Ecuador
PLU: 0505202001109685990200012033002000970800173174318

Factura No.: 033-002-000970800
No Autorización: 030420200109685990200012033002000970800173174318
Ambiente: PRODUCCION
Emisión: NORMAL
Fecha de autorización:
Fecha de Emisión: 2020/ABR/03
Fecha de Vencimiento: 2020/MAY/02

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 105.27

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Caba, piso 3
Guayaquil - Ecuador
TEL: (043) 272 210

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR
Fecha de Emisión: 2020/ABR/03
Fecha de Vencimiento: 2020/MAY/02

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 **Cédula / R.U.C.:** 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 **Tarifa:** RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 **Desde:** 29-Feb-20 **Hasta:** 30-Mar-20 **Días Facturados:** 30 **Tipo Consumo:** null
Factor de multiplicación: 1,000 **Factor Corrección:** 1,000 **Factor Potencia:** 1,000 **Constante:** 0,00

Descripción	LECTURAS				Valores
	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	
Eng. Activa	11844.00	10916.00	728	kWh	74.76

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACIÓN 1.41
CARGO POR ENERGÍA 74.76
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 76.17
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 7.65
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 7.65
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO: 7.62
SUBTOTAL OTROS: 7.62
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 91.44

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento 0.00
Tarifa de dignidad 0.00
Total 0.00

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) 91.44
Valores Pendientes (2) 0.00
Recaudación Terceros SE (3) 0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) 91.44

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 7

Empresa Eléctrica Pública Intermunicipal Dependencia Nacional de Electricidad CNEL EP • EJECUTIVA: Caba y Vahorra • TEL: 033(0200) 140000 • Manabí - Ecuador
PLU: 0505202001109685990200012033002001297679173174311

Factura No.: 033-002-001297679
No Autorización: 050520200109685990200012033002001297679173174311
Ambiente: PRODUCCION
Emisión: NORMAL
Fecha de autorización:
Fecha de Emisión: 2020-05-08T17:16:01-05:00
Fecha de Vencimiento: 2020/MAY/05

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 129.41

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Caba, piso 3
Guayaquil - Ecuador
TEL: (043) 272 210

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR
Fecha de Emisión: 2020/MAY/05
Fecha de Vencimiento: 2020/JUN/03

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 **Cédula / R.U.C.:** 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 **Tarifa:** RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 **Desde:** 30-Mar-20 **Hasta:** 29-Abr-20 **Días Facturados:** 30 **Tipo Consumo:** null
Factor de multiplicación: 1,000 **Factor Corrección:** 1,000 **Factor Potencia:** 1,000 **Constante:** 0,00

Descripción	LECTURAS				Valores
	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	
Eng. Activa	12496.00	11844.00	652	kWh	92.74

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACIÓN 1.41
CARGO POR ENERGÍA 92.74
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 94.15
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 9.50
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 9.50
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO: 9.42
SUBTOTAL OTROS: 9.42
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 113.07

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento 0.00
Tarifa de dignidad 0.00
Total 0.00

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) 113.07
Valores Pendientes (2) 0.00
Recaudación Terceros SE (3) 0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) 113.07

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 8



Empresa Eléctrica Pública Intermunicipal Dependencia Nacional de Electricidad CNEL EP • E.U.C.P.S.A. Calle F. Sáb y Malcom • Telf: 0262(0200) • Manabí - Ecuador
 P.L.U. 0262000003 • COORDINACIÓN GENERAL • REGISTRO EN VIGENCIA 17-Abr-2008

CNEL
 Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Culebras, piso 3
 Guayaquil - Ecuador
 Telf: (043) 272 210

Factura No. 033-002-001834370
 No Autorización 160820200109685990200012033002001634370173174311
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión NORMAL
 Fecha de autorización 2020-06-22T18:11:46-05:00
 Fecha de Emisión: 2020/JUN/16
 Fecha de Venimiento: 2020/JUN/24

No. de Control: 7317431
 Valor a pagar: 127.47

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
 Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
 Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
 Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
 Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
 Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
 Medidor: 20535497 Desde: 29-Abr-20 Hasta: 30-May-20 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: null
 Factor de multiplicación: 1.000 Factor Corrección: 1.000 Factor Potencia: 1.000 Constante: 0.00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	13338.00	12496.00	842	kWh	91.29

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
 CARGO POR ENERGIA 91.29
 SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 92.70
 SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 9.36
 SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 9.36
 1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 SUBSIDIO DE CONSUMO: 0.27
 SUBTOTAL OTROS: 0.27
 TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 111.33

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
 ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 9

Empresa Eléctrica Pública Intermunicipal Dependencia Nacional de Electricidad CNEL EP • E.U.C.P.S.A. Calle F. Sáb y Malcom • Telf: 0262(0200) • Manabí - Ecuador
 P.L.U. 0262000003 • COORDINACIÓN GENERAL • REGISTRO EN VIGENCIA 17-Abr-2008

CNEL
 Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Culebras, piso 3
 Guayaquil - Ecuador
 Telf: (043) 272 210

Factura No. 033-002-002188967
 No Autorización 3007202001096859902000120330020021889671731743116
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión NORMAL
 Fecha de autorización 2020-06-08T14:06:22-05:00
 Fecha de Emisión: 2020/JUL/30
 Fecha de Venimiento: 2020/AGO/19

No. de Control: 7317431
 Valor a pagar: 90.33

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
 Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
 Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
 Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
 Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
 Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
 Medidor: 20535497 Desde: 30-May-20 Hasta: 30-Jun-20 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: null
 Factor de multiplicación: 1.000 Factor Corrección: 1.000 Factor Potencia: 1.000 Constante: 0.00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	13981.00	13338.00	643	kWh	64.72

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
 CARGO POR ENERGIA 64.72
 SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 66.13
 SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 6.63
 SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 6.63
 1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 SUBSIDIO DE CONSUMO: 6.61
 SUBTOTAL OTROS: 6.61
 TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 79.37

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
 ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 10



Empresa Eléctrica Pública Estremigión-Deposición Nacional de Electricidad ENEL EP • SUCURSAL: Caba y Mito y Mito • Tel: 033720000 • Monto - Ecuador
RUC: 0962600001 • CON REPUBLICA: SERVICIO PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE ELECTRICIDAD

Factura No. 033-002-002275742
No Autorización 1508202001096859902000120330020022757421731743119
Ambiente PRODUCCION
Emisión NORMAL
Fecha de autorización 2020-06-18T10:35:41-05:00
Fecha de Emisión 2020/AGO/15
Fecha de Vencimiento: 2020/SEP/04

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 76.99

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Caba, piso 3
Cajamarca - Ecuador
Tel: (04) 5727310

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 30-Jun-20 Hasta: 30-Jul-20 Días Facturados: 30 Tipo Consumo: null
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	14529.00	13981.00	548	kWh	54.74

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
CARGO POR ENERGIA 54.74
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 56.15
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 5.62
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 5.62

1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO: 5.62

SUBTOTAL OTROS: 5.62

TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 67.39

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento 0.00
Tarifa de dignidad 0.00
Total 0.00

EL GOBIERNO SUBSIDIA ESTE SERVICIO

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) 67.39
Valores Pendientes (2) 0.00
Recaudación Terceros SE (3) 0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) 67.39

2. VALORES PENDIENTES
CONCEPTO VALOR
Planillas anteriores 0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
CONCEPTO VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0.00

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 11

Empresa Eléctrica Pública Estremigión-Deposición Nacional de Electricidad ENEL EP • SUCURSAL: Caba y Mito y Mito • Tel: 30370000 • Monto - Ecuador
RUC: 0962600001 • CON REPUBLICA: SERVICIO PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE ELECTRICIDAD

Factura No. 033-002-002624179
No Autorización 2409202001096859902000120330020026241791731743115
Ambiente PRODUCCION
Emisión NORMAL
Fecha de autorización 2020-09-25T15:04:33-05:00
Fecha de Emisión 2020/SEP/24
Fecha de Vencimiento: 2020/OCT/14

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 94.53

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Caba, piso 3
Cajamarca - Ecuador
Tel: (04) 5727310

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 30-Jul-20 Hasta: 30-Ago-20 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: null
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	15035.00	14529.00	506	kWh	50.65

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
CARGO POR ENERGIA 50.65
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 52.06
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 5.21
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 5.21

1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO: 5.21
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 2.55
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 0.50
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 18.15
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 1.80

SUBTOTAL OTROS: 28.21

TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 85.48

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento 0.00
Tarifa de dignidad 0.00
Total 0.00

EL GOBIERNO SUBSIDIA ESTE SERVICIO

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1) 85.48
Valores Pendientes (2) 0.00
Recaudación Terceros SE (3) 0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3) 85.48

2. VALORES PENDIENTES
CONCEPTO VALOR
Planillas anteriores 0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
CONCEPTO VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0.00

Clave acceso

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 12



Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • SUCURSAL: Caba y S/N y Maldonado • Tel: 050702000 • Manabí - Ecuador
 P.O.C.: 09999990007 • CORRESPONDENCIA ESPECIAL • RESOLUCIÓN N° 10 del 11 de marzo 2009

Factura No. 033-002-002979771
 No Autorización 2110202001096859902000120330020029797711731743114
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión NORMAL
 Fecha de autorización 2020-10-23T15:42:18-05:00
 Fecha de Emisión: 2020OCT/21 Fecha de Vencimiento: 2020NOV/10

No. de Control: 7317431
 Valor a pagar: 105.11

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Caba, piso 3 Guayaquil - Ecuador Tel: (040) 3727 310

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
 Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
 Dirección servicio: URBANIZACIÓN ARCO IRIS
 Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
 Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
 Dirección notificación: URBANIZACIÓN ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
 Medidor: 20535497 Desde: 30-Ago-20 Hasta: 30-Set-20 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: Generado
 Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	15573.00	15038.00	535	kWh	54.20

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
 CARGO POR ENERGIA 54.20
 SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 55.61
 SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 5.58
 SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 5.58
 1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 SUBSIDIO DE CONSUMO. 5.58
 REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 3.13
 REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 0.66
 REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 22.92
 REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 2.23
 SUBTOTAL OTROS: 34.50
 TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 95.69

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
 ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

CLAVE ACCESO

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Cocción y calentamiento	0.00
Tarifa de dignidad	0.00
Total	0.00

TOTAL

Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1)	95.69
Valores Pendientes (2)	0.00
Recaudación Terceros SE (3)	0.00
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (A) (1+2+3)	95.69

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 13

Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • SUCURSAL: Caba y S/N y Maldonado • Tel: 050702000 • Manabí - Ecuador
 P.O.C.: 09999990007 • CORRESPONDENCIA ESPECIAL • RESOLUCIÓN N° 10 del 11 de marzo 2009

Factura No. 033-002-003259821
 No Autorización 0711202001096859902000120330020032598211731743118
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión NORMAL
 Fecha de autorización 2020-11-18T21:41:36-05:00
 Fecha de Emisión: 2020NOV/07 Fecha de Vencimiento: 2020NOV/27

No. de Control: 7317431
 Valor a pagar: 106.13

Matriz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Caba, piso 3 Guayaquil - Ecuador Tel: (040) 3727 310

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
 Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
 Dirección servicio: URBANIZACIÓN ARCO IRIS
 Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
 Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
 Dirección notificación: URBANIZACIÓN ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
 Medidor: 20535497 Desde: 30-Set-20 Hasta: 31-Oct-20 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: null
 Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	16114.00	15573.00	541	kWh	54.97

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
 CARGO POR ENERGIA 54.97
 SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 56.38
 SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 5.66
 SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 5.66
 1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 SUBSIDIO DE CONSUMO. 5.64
 REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 3.14
 REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 0.66
 REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 22.92
 REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 2.23
 SUBTOTAL OTROS: 34.50
 TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 96.63

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
 ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

CLAVE ACCESO

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Cocción y calentamiento	0.00
Tarifa de dignidad	0.00
Total	0.00

TOTAL

Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1)	96.63
Valores Pendientes (2)	0.00
Recaudación Terceros SE (3)	0.00
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (A) (1+2+3)	96.63

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 14



Año 2021

Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • SUCURSALES: Calle 7 579 y Alameda • Tel: 063782000 • Manabí - Ecuador

FACTURA No. 033-002-003585539
 No Autorización 0412202001096865992000120330020035855391731743116
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión NORMAL
 Fecha de autorización 2020-12-04T12:56:40-05:00

No. de Control: 7317431
 Valor a pagar: 69.66

Fecha de Emisión: 2020/DIC/04 Fecha de Vencimiento: 2020/DIC/24

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR: MEJIA BRAVO WILLY COLON
 Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
 Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
 Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
 Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
 Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
 Medidor: 20535497 Desde: 31-Oct-20 Hasta: 30-Nov-20 Días Facturados: 30 Tipo Consumo: Leído
 Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS		Consumo	Unid.	Valores
	Actual	Anterior			
Eng. Activa	16407.00	16114.00	293	kWh	28.08

Consumos

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

CARGO POR COMERCIALIZACIÓN	1.41
CARGO POR ENERGIA	28.08
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):	29.50
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO	2.95
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):	2.95

1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

SUBSIDIO DE CONSUMO	2.95
INTERES SERVICIO DE ALUMBRADO	0.01
INTERES VENTA DE ENERGIA	0.08
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	3.14
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	0.66
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	22.92
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	2.23
INTERES MORA CREDITO	0.03
SUBTOTAL OTROS:	32.02
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1):	64.47

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Cocción y calentamiento	0.00
Tarifa de dignidad	0.00
Total	0.00

TOTAL

Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1)	64.47
Valores Pendientes (2)	0.00
Recaudación Terceros SE (3)	0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3)	64.47

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 15

Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • SUCURSALES: Calle 7 579 y Alameda • Tel: 063782000 • Manabí - Ecuador

FACTURA No. 033-002-003940473
 No Autorización 0801202101096865992000120330020039404731731743114
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión NORMAL
 Fecha de autorización 2021-01-10T13:55:05-05:00

No. de Control: 7317431
 Valor a pagar: 113.67

Fecha de Emisión: 2021/ENE/08 Fecha de Vencimiento: 2021/ENE/22

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR: MEJIA BRAVO WILLY COLON
 Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
 Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
 Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
 Provincia - Cantón - Parroquia: MANABÍ - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
 Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
 Medidor: 20535497 Desde: 30-Nov-20 Hasta: 31-Dic-20 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: null
 Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS		Consumo	Unid.	Valores
	Actual	Anterior			
Eng. Activa	17010.00	16407.00	603	kWh	60.52

Consumos

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

CARGO POR COMERCIALIZACIÓN	1.41
CARGO POR ENERGIA	60.52
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):	61.93
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO	6.20
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):	6.20

1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

SUBSIDIO DE CONSUMO	6.19
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	3.15
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	0.66
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	22.92
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	2.23
SUBTOTAL OTROS:	38.15
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1):	103.28

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Cocción y calentamiento	0.00
Tarifa de dignidad	0.00
Total	0.00

TOTAL

Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1)	103.28
Valores Pendientes (2)	0.00
Recaudación Terceros SE (3)	0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3)	103.28

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 16



UNIVERSIDAD DE CUENCA – FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • B.O. URGENTE: Calle Y 67N y Macorín • Tel: 033 782000 • Montalvo – Ecuador
RUC: 1099885990001 • CONTABILIDAD ESPECIAL - REPRODUCCIÓN Y USO del P. Montalvo-2019

Matriz: Km. E 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Centro, piso 3 Guayaquil - Ecuador Tel: (043) 322 313

Factura No. 033-002-004264113
No Autorización 0302202101096859902000120330020042641131731743118
Ambiente PRODUCCION
Emisión NORMAL
Fecha de autorización
Fecha de Emisión: 2021/FEB/03
Fecha de Vencimiento: 2021/FEB/16

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 119,71

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR
SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACIÓN ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACIÓN ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 31-Dic-20 Hasta: 31-Ene-21 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: null
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	17856.00	17010.00	846	kWh	\$5.03

Consumos

- 1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 - CARGO POR COMERCIALIZACION: 1.41
 - CARGO POR ENERGIA: 65.03
 - SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 66.44
 - SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO: 6.66
 - SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 6.66
- 1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 - SUBSIDIO DE CONSUMO: 6.64
 - REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES: 3.15
 - REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES: 0.87
 - REFINANCIAMIENTO SIN INTERES: 22.92
 - REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES: 2.23
 - SUBTOTAL OTROS: 35.61
 - TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 108.71

2. VALORES PENDIENTES
Planillas anteriores: 0,00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0,00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0,00

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento: 0,00
Tarifa de dignidad: 0,00
Total: 0,00

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1): 108.71
Valores Pendientes (2): 0,00
Recaudación Terceros SE (3): 0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3): 108.71

Clave acceso

Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • B.O. URGENTE: Calle Y 67N y Macorín • Tel: 033 782000 • Montalvo – Ecuador
RUC: 1099885990001 • CONTABILIDAD ESPECIAL - REPRODUCCIÓN Y USO del P. Montalvo-2019

Matriz: Km. E 1/2 Vía a la Costa, Edificio GRACE Centro, piso 3 Guayaquil - Ecuador Tel: (043) 322 313

Factura No. 033-002-004581937
No Autorización 0403202101096859902000120330020045819371731743118
Ambiente PRODUCCION
Emisión NORMAL
Fecha de autorización
Fecha de Emisión: 2021/MAR/04
Fecha de Vencimiento: 2021/MAR/19

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 115,22

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR
SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACIÓN ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACIÓN ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 31-Ene-21 Hasta: 1-Mar-21 Días Facturados: 29 Tipo Consumo: null
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	18270.00	17856.00	814	kWh	\$1.87

Consumos

- 1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 - CARGO POR COMERCIALIZACION: 1.41
 - CARGO POR ENERGIA: 61.67
 - SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 63.08
 - SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO: 6.32
 - SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 6.32
- 1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
 - SUBSIDIO DE CONSUMO: 6.31
 - REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES: 3.15
 - REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES: 0.87
 - REFINANCIAMIENTO SIN INTERES: 22.92
 - REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES: 2.23
 - SUBTOTAL OTROS: 35.28
 - TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 104.68

2. VALORES PENDIENTES
Planillas anteriores: 0,00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2): 0,00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3): 0,00

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO
Cocción y calentamiento: 0,00
Tarifa de dignidad: 0,00
Total: 0,00

TOTAL
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1): 104.68
Valores Pendientes (2): 0,00
Recaudación Terceros SE (3): 0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3): 104.68

Clave acceso

Anexo 17

Anexo 18



UNIVERSIDAD DE CUENCA – FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • S.U.G.R.S.A. - Caba y 676 y Alarcón - Tel: 051702000 - Maña - Ecuador
RUC: 09988990007 • CORTE SUPLENTE ESPECIAL - PRODUCCIÓN Y G. del 11-Marzo-2008

Factura No.: 033-002-004951850
No Autorización: 1104202101096865902000120330020049518501731743112
Ambiente: PRODUCCION
Emisión: NORMAL
Fecha de autorización: 2021-04-19T22:39:30-05:00
Fecha de Emisión: 2021/ABR/11
Fecha de Vencimiento: 2021/ABR/27

Móvil: Cel: E 12/Vía a la Costa, Edificio GRACE Caba, piso 3 Guayaquil - Ecuador Tel: (043)322/313

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 141.90

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACIÓN ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACIÓN ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 1-Mar-21 Hasta: 31-Mar-21 Días Facturados: 30 Tipo Consumo: null
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	19045.00	18270.00	775	kWh	81.58

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
CARGO POR ENERGIA 81.58
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 82.99
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 8.35
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 8.35
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO 8.30
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 3.15
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 0.67
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 22.92
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 2.23
SUBTOTAL OTROS: 37.27
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 128.61

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

CLAVE ACCESO

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Cocción y calentamiento	0.00
Tarifa de dignidad	0.00
Total	0.00

TOTAL

Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1)	128.61
Valores Pendientes (2)	0.00
Recaudación Terceros SE (3)	0.00
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (A) (1+2+3)	128.61

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 19

Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP • S.U.G.R.S.A. - Caba y 676 y Alarcón - Tel: 051702000 - Maña - Ecuador
RUC: 09988990007 • CORTE SUPLENTE ESPECIAL - PRODUCCIÓN Y G. del 11-Marzo-2008

Factura No.: 033-002-00524793
No Autorización: 050620210109686590200012033002005247931731743112
Ambiente: PRODUCCION
Emisión: NORMAL
Fecha de autorización: 2021-05-13T08:47:57-05:00
Fecha de Emisión: 2021/MAY/05
Fecha de Vencimiento: 2021/MAY/20

Móvil: Cel: E 12/Vía a la Costa, Edificio GRACE Caba, piso 3 Guayaquil - Ecuador Tel: (043)322/313

No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 116.21

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACIÓN ARCO IRIS
Plan/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACIÓN ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 31-Mar-21 Hasta: 22-Abr-21 Días Facturados: 22 Tipo Consumo: null
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS			Unid.	Valores
	Actual	Anterior	Consumo		
Eng. Activa	19866.00	19045.00	821	kWh	82.41

Consumos

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
CARGO POR COMERCIALIZACION 1.41
CARGO POR ENERGIA 82.41
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE): 63.82
SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO 6.39
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP): 6.39
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG
SUBSIDIO DE CONSUMO 6.38
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 3.15
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 0.67
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 22.92
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES 2.24
SUBTOTAL OTROS: 35.36
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 105.57

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

CLAVE ACCESO

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Cocción y calentamiento	0.00
Tarifa de dignidad	0.00
Total	0.00

TOTAL

Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1)	105.57
Valores Pendientes (2)	0.00
Recaudación Terceros SE (3)	0.00
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (A) (1+2+3)	105.57

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

Anexo 20



Empresa Líquida Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL S.A. - S.C. (C.R.D.A. - Calle / SPN y Abasco - Tel: 032782030 - Maña - Ecuador)
RUC: 09669980007 / CNFR/SUPLENTE ESPECIAL RESOLUCION N° 60 del 11-Marzo-2009



Mañiz: Km. 6 1/2 Vía a la Costa,
Edificio GRACE Centro: 2do 3
Guayaquil - Ecuador
Tel: (03) 377 313

Factura No. 033-002-005567996
No Autorización 0406202101096859902000120330020055679961731743113
Ambiente PRODUCCION
Emisión NORMAL
Fecha de autorización 2021-06-07T12:01:21-05:00



No. de Control: 7317431
Valor a pagar: 155.59

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR Fecha de Emisión: 2021/JUN/04 Fecha de Vencimiento: 2021/JUN/19

SUMINISTRO: 7317431 MEJIA BRAVO WILLY COLON
Código Único Eléctrico Nacional: 1107317431 Cédula / R.U.C.: 1309507711
Dirección servicio: URBANIZACION ARCO IRIS
Plani/Geocódigo: 13-01-1-215-168000 Tarifa: RD RESIDENCIAL
Provincia - Cantón - Parroquia: MANABI - PORTOVIEJO - 18 DE OCTUBRE
Dirección notificación: URBANIZACION ARCO IRIS

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO
Medidor: 20535497 Desde: 22-Abr-21 Hasta: 27-May-21 Días Facturados: 35 Tipo Consumo: null
Factor de multiplicación: 1,000 Factor Corrección: 1,000 Factor Potencia: 1,000 Constante: 0,00

Descripción	LECTURAS		Consumo	Unid.	Valores
	Actual	Anterior			
Emp. Activa	20901.00	19666.00	835	kwh	80.28

Consumos



2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (SE)-PLANES FINANCIAMIENTO
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3):	0.00

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

CARGO POR COMERCIALIZACION	1.41
CARGO POR ENERGIA	90.28
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):	91.69
SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO	9.25
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):	9.25

1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

SUBSIDIO DE CONSUMO	9.17
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	3.15
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	0.67
REFINANCIAMINETO SIN INTERES	22.92
REFINANCIAMIENTO SIN INTERESES	2.24
SUBTOTAL OTROS:	38.15
TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1):	139.09

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Cocción y calentamiento	0.00
Tarifa de dignidad	0.00
Total	0.00

TOTAL

Servicio Eléctrico-Alumbrado Público (1)	139.09
Valores Pendientes (2)	0.00
Recaudación Terceros SE (3)	0.00
TOTAL SECTOR ELECTRICO (A) (1+2+3)	139.09

La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino solamente la constancia de recibir un servicio público.

144

Anexo 21



RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS BIOCLIMÁTICOS

Análisis de temperatura y humedad – Planta baja – Caso de estudio

Temperatura y Humedad - Planta Baja

1 Enero - 31 Diciembre

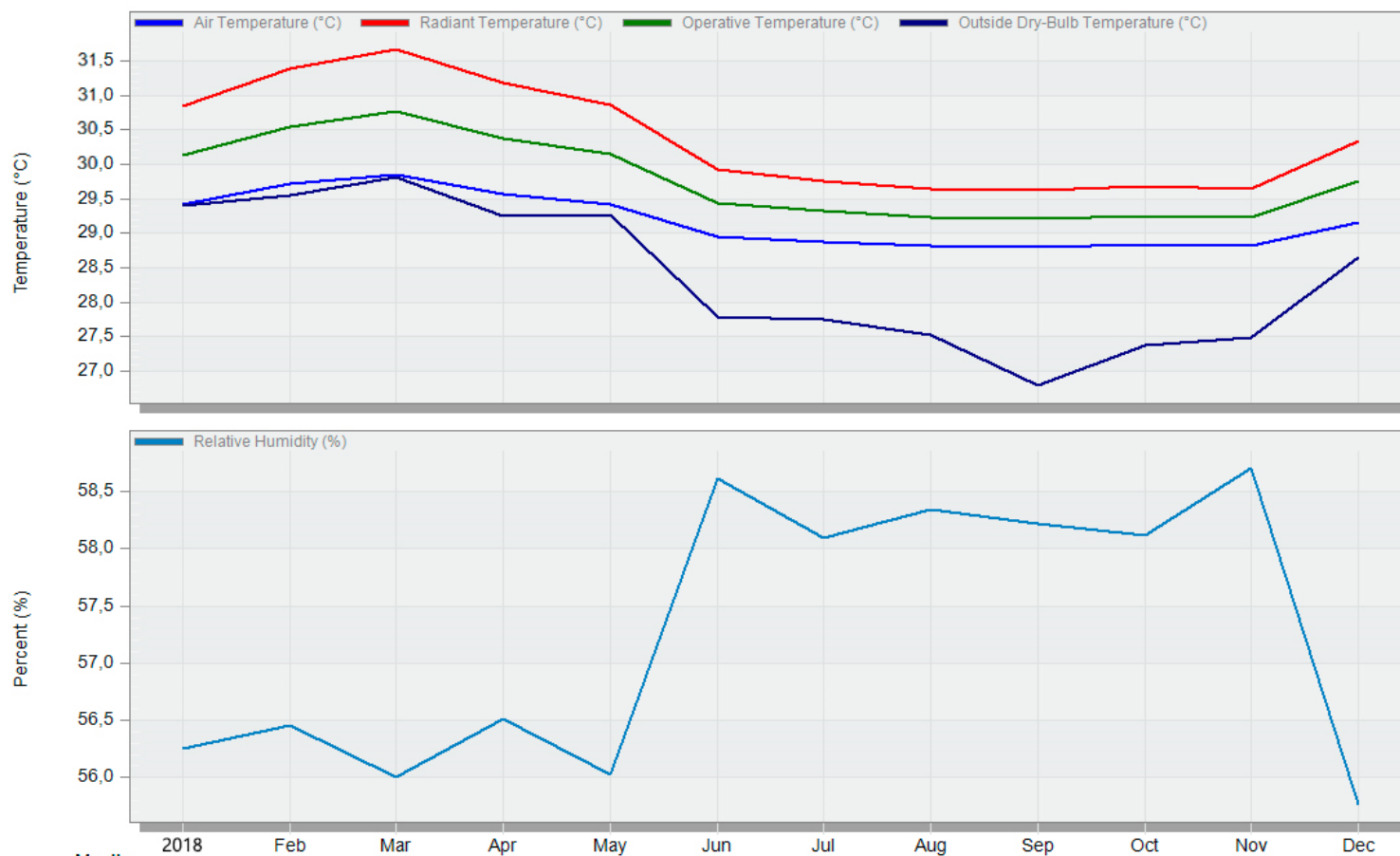


Month	2018	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	28,47	28,71	28,90	28,66	28,54	27,83	27,76	27,63	27,50	27,67	27,63	28,17
Radiant Temperature (°C)	28,46	28,81	29,09	28,73	28,53	27,67	27,55	27,42	27,35	27,47	27,46	28,09
Operative Temperature (°C)	28,46	28,76	28,99	28,69	28,54	27,75	27,66	27,52	27,42	27,57	27,55	28,13
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	29,40	29,56	29,80	29,24	29,26	27,79	27,75	27,53	26,78	27,37	27,48	28,64
Relative Humidity (%)	72,04	73,13	71,94	72,83	71,39	73,69	73,68	73,30	72,09	72,99	73,01	70,32

Anexo 22

Análisis de temperatura y humedad – Planta alta – Caso de estudio

Temperatura y Humedad - Planta Alta
1 Enero - 31 Diciembre



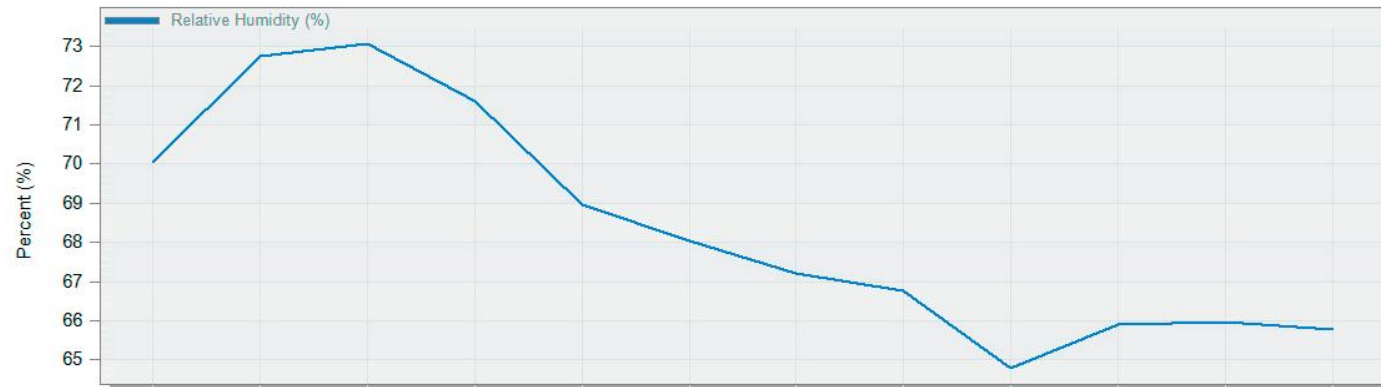
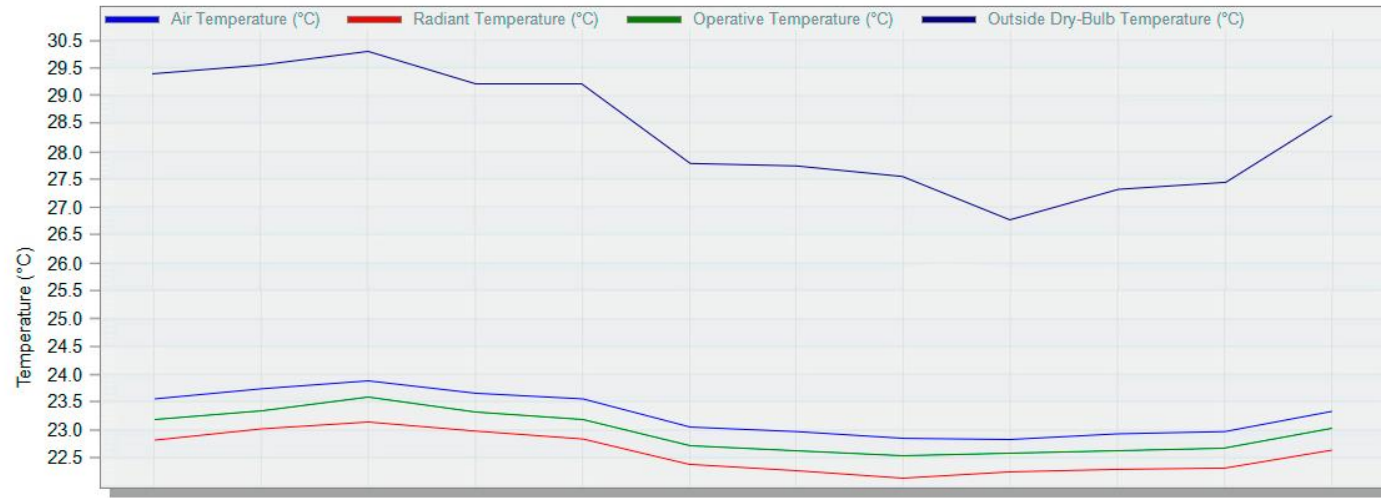
Month	2018	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	29,43	29,71	29,84	29,56	29,41	28,95	28,87	28,82	28,80	28,83	28,81	29,16
Radiant Temperature (°C)	30,84	31,38	31,67	31,18	30,87	29,92	29,76	29,64	29,62	29,68	29,64	30,33
Operative Temperature (°C)	30,13	30,54	30,76	30,37	30,14	29,43	29,31	29,23	29,21	29,26	29,22	29,75
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	29,40	29,56	29,80	29,24	29,26	27,79	27,75	27,53	26,78	27,37	27,48	28,64
Relative Humidity (%)	56,25	56,45	56,00	56,51	56,03	58,62	58,10	58,35	58,22	58,12	58,71	55,76

Anexo 23



Análisis de temperatura y humedad – Planta baja – Propuesta de rediseño

Temperatura y Humedad - Planta Baja
1 Ene - 31 Dic

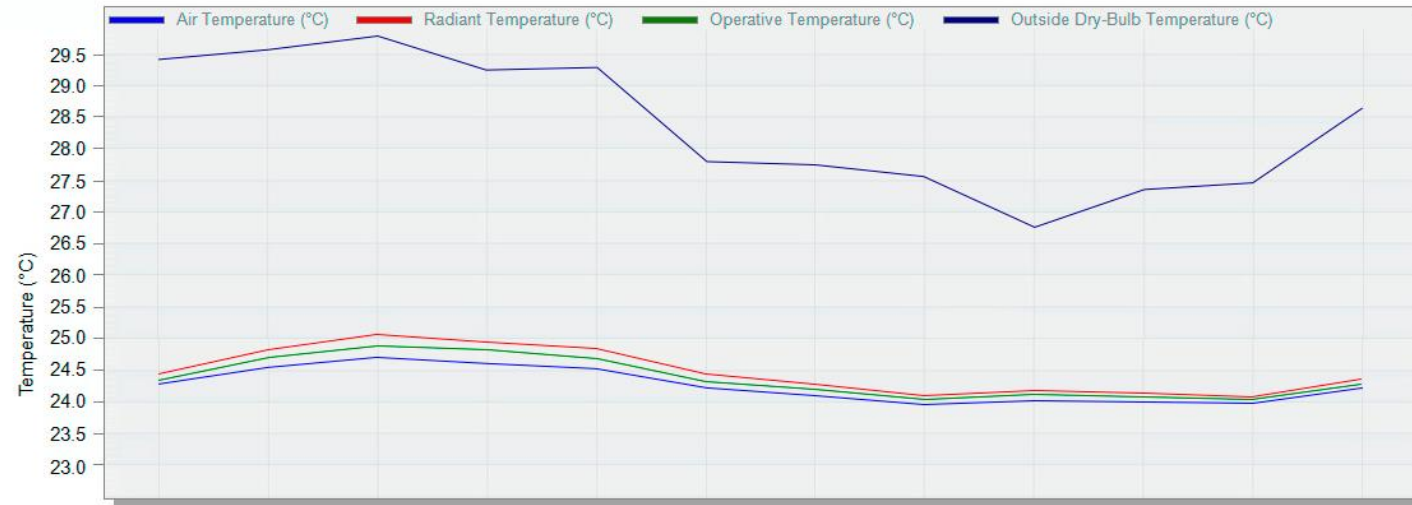


Month	2018	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	23.56	23.73	23.86	23.68	23.55	23.04	22.97	22.85	22.84	22.93	22.96	23.36
Radiant Temperature (°C)	22.82	23.03	23.17	23.00	22.83	22.40	22.32	22.22	22.33	22.35	22.36	22.68
Operative Temperature (°C)	23.19	23.38	23.51	23.34	23.19	22.72	22.65	22.54	22.59	22.64	22.66	23.02
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	29.40	29.56	29.80	29.24	29.26	27.79	27.75	27.53	26.78	27.37	27.48	28.64
Relative Humidity (%)	70.05	72.77	73.06	71.60	68.98	68.05	67.22	66.76	64.80	65.89	65.97	65.78

Anexo 24

Análisis de temperatura y humedad – Planta alta – Propuesta de rediseño

Temperatura y Humedad - Planta Alta
1 Ene - 31 Dic



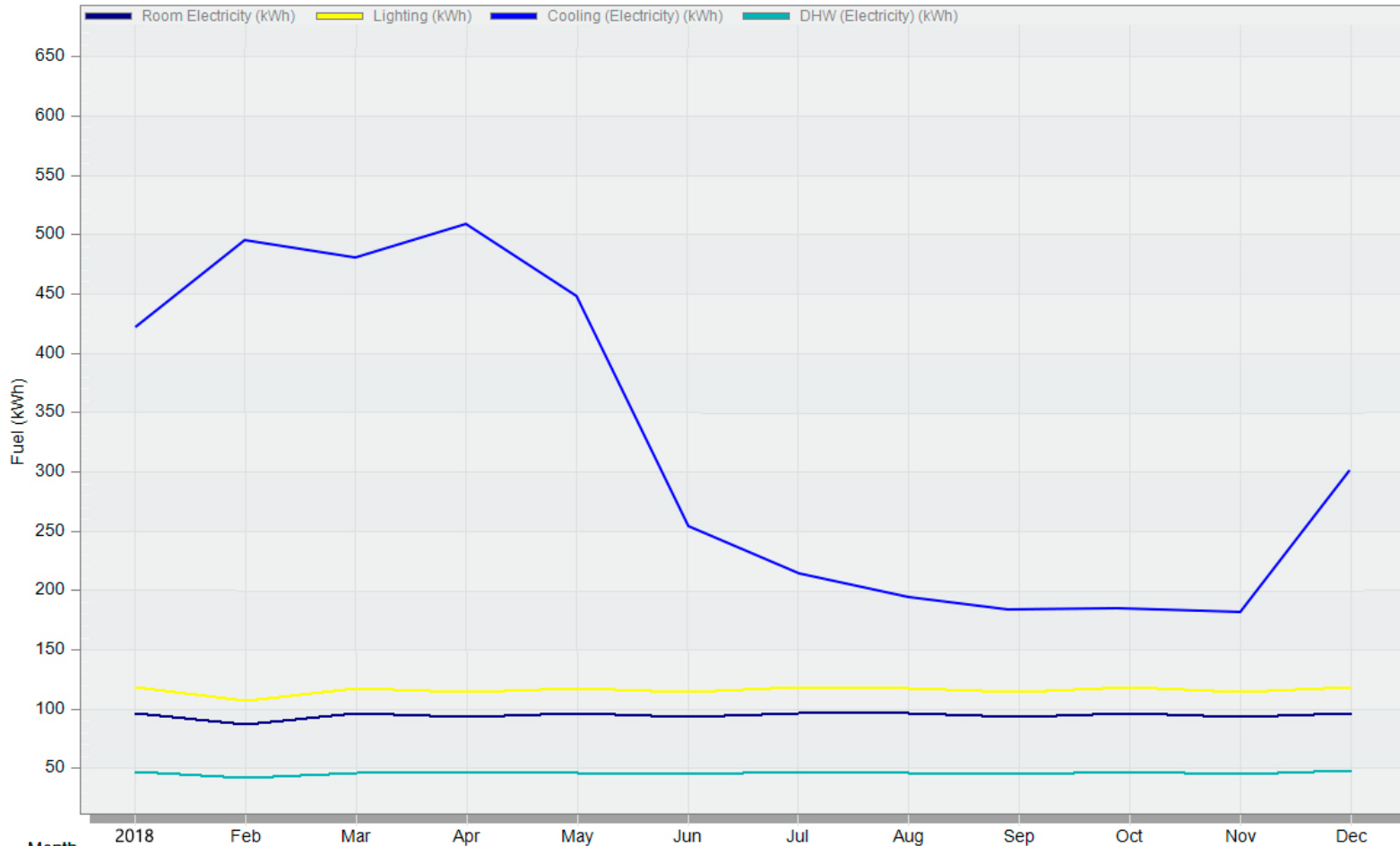
Month	2018	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	24.29	24.56	24.71	24.63	24.54	24.22	24.12	23.98	24.03	24.01	24.01	24.22
Radiant Temperature (°C)	24.45	24.85	25.07	24.97	24.84	24.43	24.30	24.11	24.19	24.12	24.10	24.36
Operative Temperature (°C)	24.37	24.70	24.89	24.80	24.69	24.33	24.21	24.05	24.11	24.07	24.06	24.29
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	29.40	29.56	29.80	29.24	29.26	27.79	27.75	27.53	26.78	27.37	27.48	28.64
Relative Humidity (%)	60.37	58.87	58.19	57.91	57.28	57.86	57.67	58.91	57.29	59.38	59.87	58.09

Anexo 25



Análisis del consumo energético – Caso de estudio

Consumo Energético
1 Enero - 31 Diciembre



Month	2018	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (kWh)	96,81	87,30	96,53	93,87	96,53	93,45	96,81	96,53	93,59	96,67	93,45	97,09
Lighting (kWh)	118,40	106,74	117,61	114,90	117,61	113,99	118,93	117,61	114,65	118,27	113,99	119,18
Cooling (Electricity) (kWh)	422,12	496,05	487,74	509,45	446,42	253,60	215,11	194,08	183,70	185,25	181,89	302,13
DHW (Electricity) (kWh)	47,56	42,45	46,58	46,67	46,58	45,20	47,56	46,58	45,69	47,07	45,20	48,54

Anexo 26

Análisis del consumo energético – Propuesta de rediseño

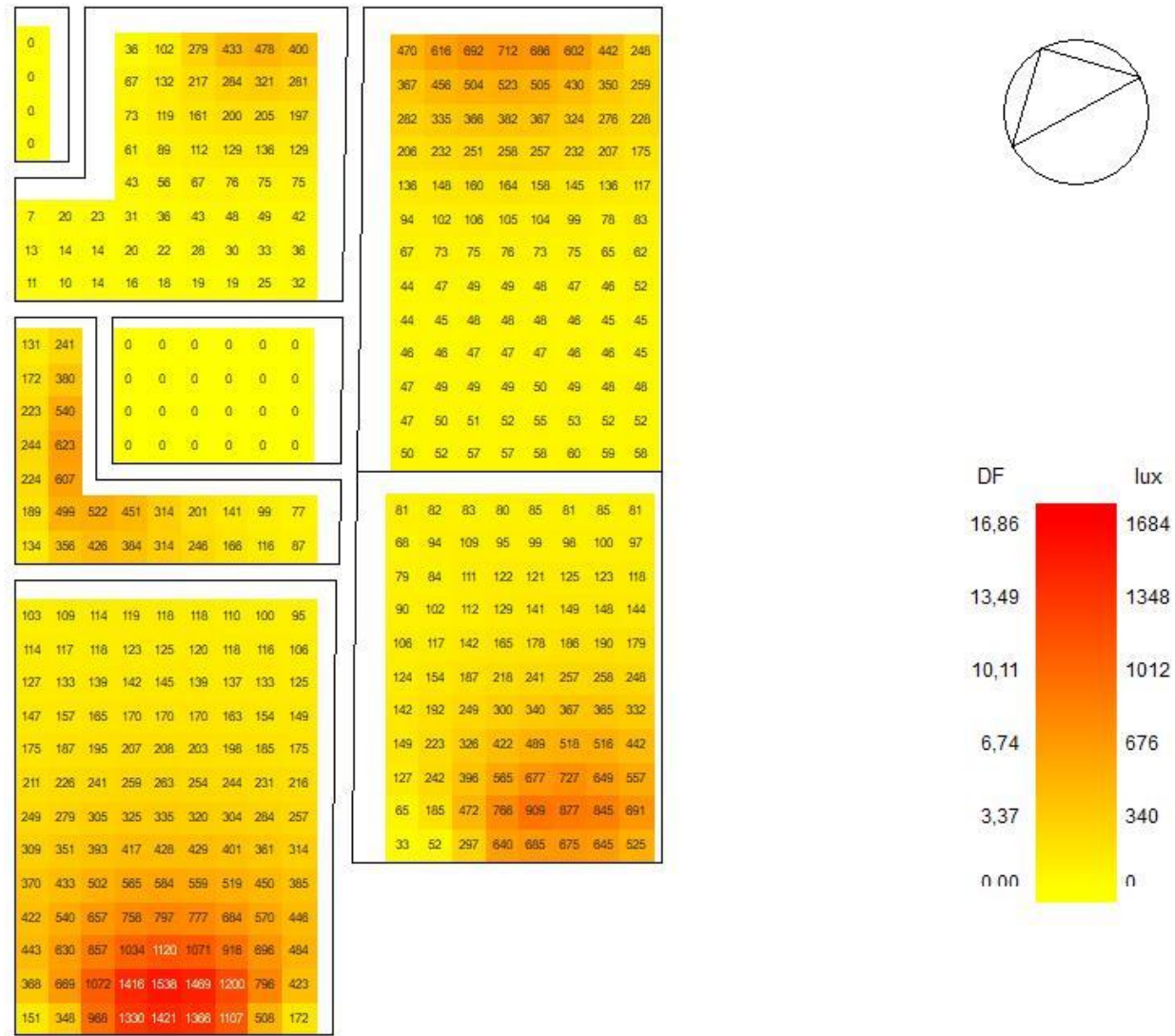
Consumo Energético
1 Ene- 31 Dic



Month	2018	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (kWh)	82,74	74,50	82,29	80,37	82,29	79,70	82,74	82,29	79,92	82,52	79,70	83,19
Lighting (kWh)	72,81	65,38	71,91	70,98	71,91	69,73	73,01	71,91	70,29	72,46	69,73	73,71
Cooling (Electricity) (kWh)	169,22	166,30	191,84	139,56	149,02	108,75	95,93	104,85	129,09	159,73	189,77	220,13
DHW (Electricity) (kWh)	47,56	42,45	46,58	46,67	46,58	45,20	47,56	46,58	45,69	47,07	45,20	48,54

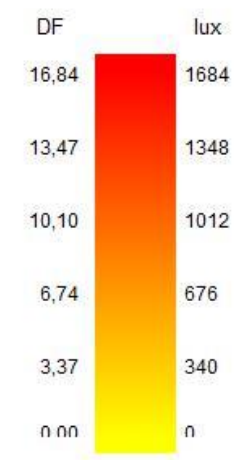
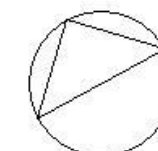
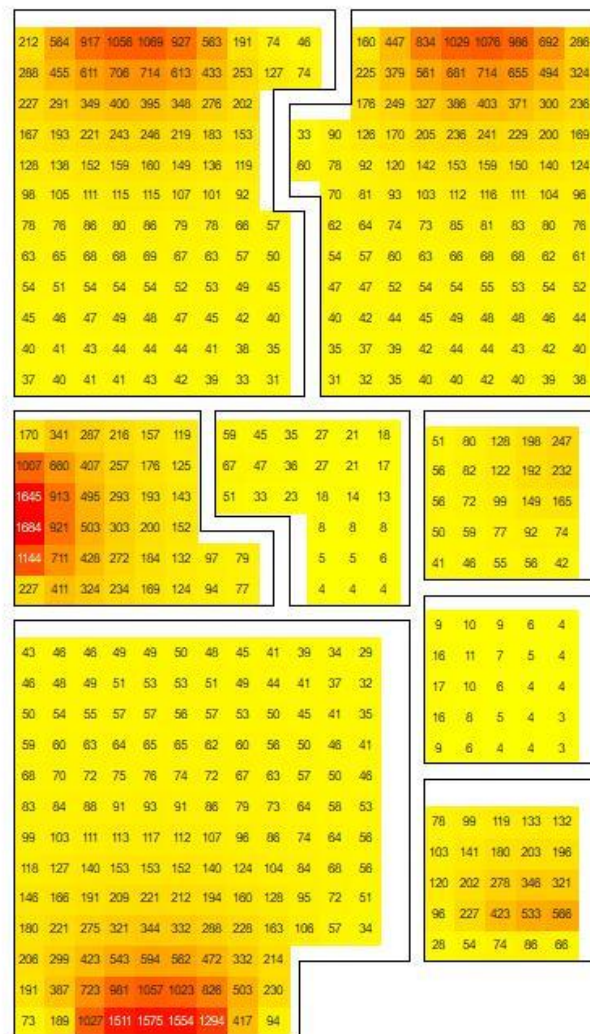
Anexo 27

Análisis de iluminación natural – Planta baja – Caso de estudio



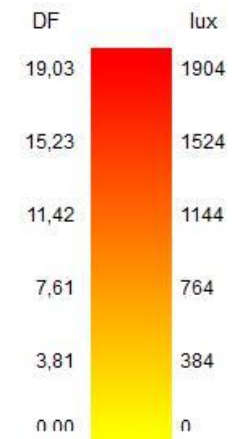
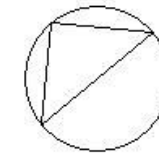
Anexo 28

Análisis de iluminación natural – Planta alta – Caso de estudio



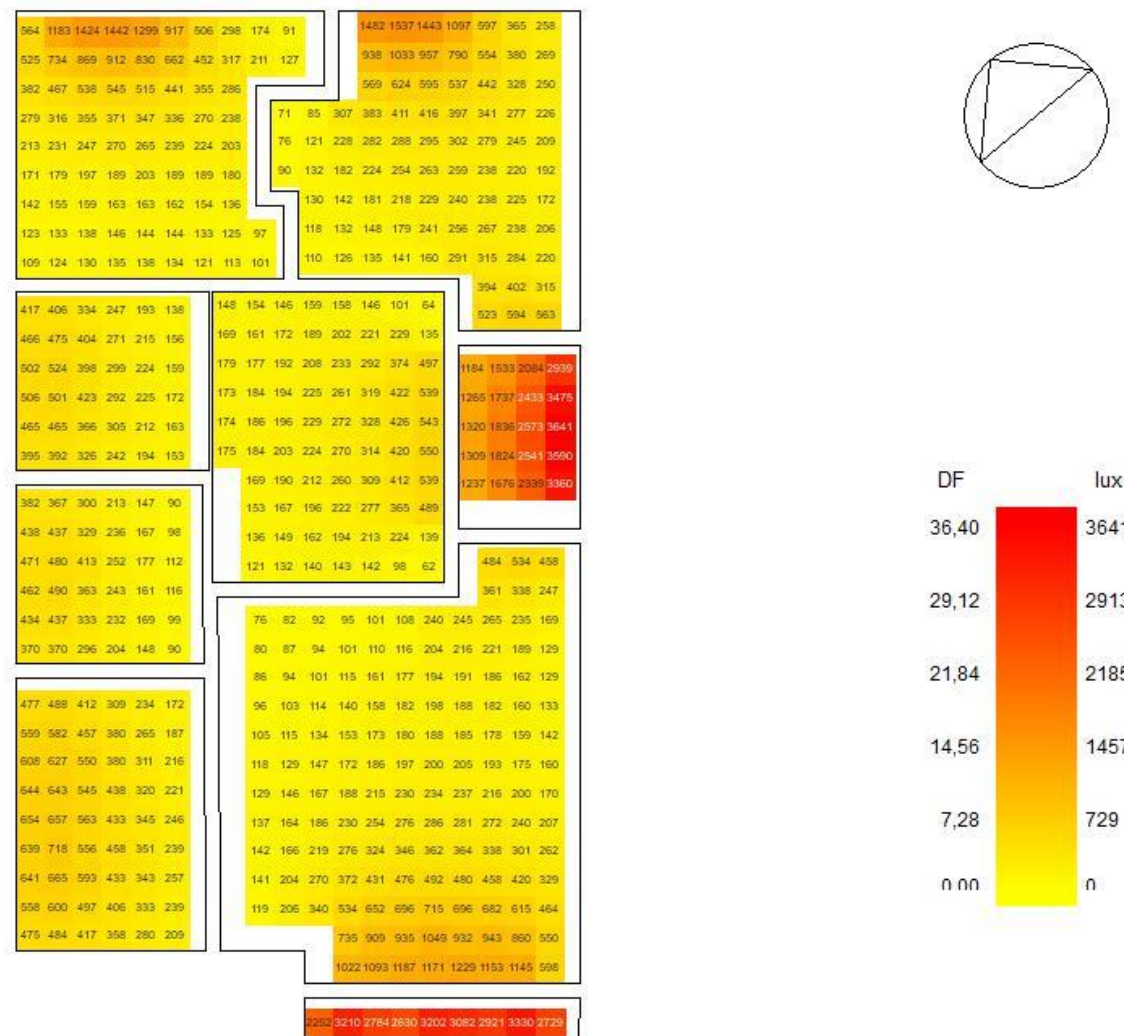
Anexo 29

Análisis de iluminación natural – Planta baja – Propuesta de rediseño



Anexo 30

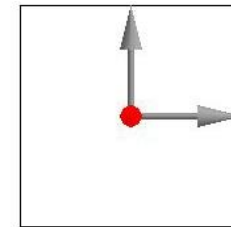
Análisis de iluminación natural – Planta alta – Propuesta de rediseño



Anexo 31



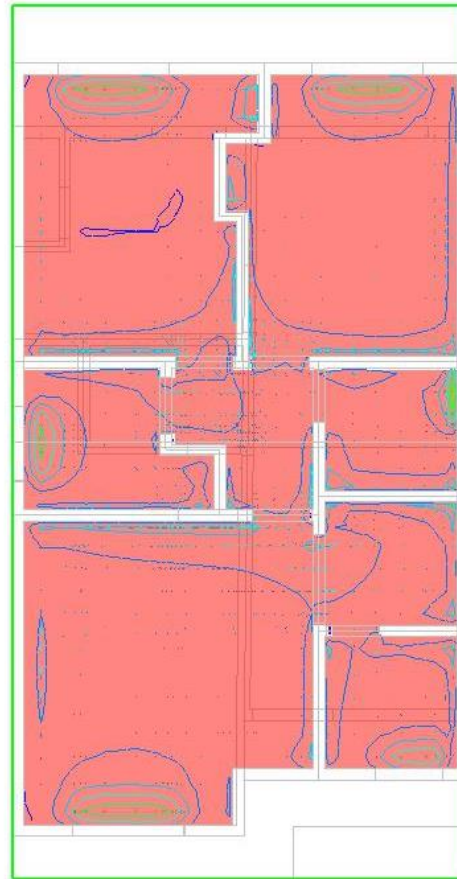
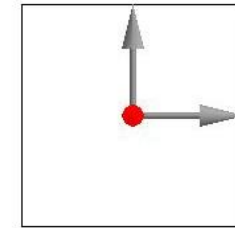
Análisis de CFD – Planta baja – Caso de estudio



Anexo 32



Análisis de CFD – Planta alta – Caso de estudio



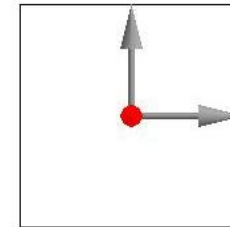
3.22 m



Anexo 33



Análisis de CFD – Planta baja – Propuesta de rediseño



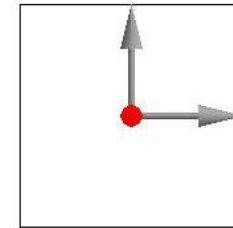
2.75 m

Velocity	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20 (m/s)
Age of Air	0.00	272.73	545.46	818.18	1,090.91	1,363.64	1,636.36	1,909.09	2,181.82	2,454.54	2,727.27	3,000.00 (Sec)

Anexo 34



Análisis de CFD – Planta alta – Propuesta de rediseño



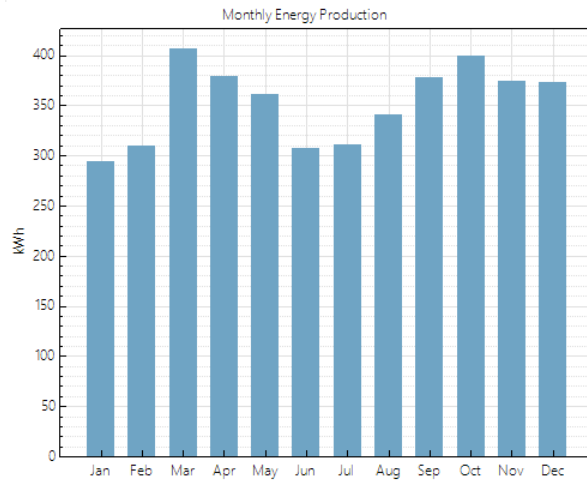
5.26 m

Velocity	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20	(m/s)
Age of Air	0.00	272.73	545.46	818.18	1,090.91	1,363.64	1,636.36	1,909.09	2,181.82	2,454.54	2,727.27	3,000.00	(Sec)

Anexo 35

Análisis de producción energética – Consumo base

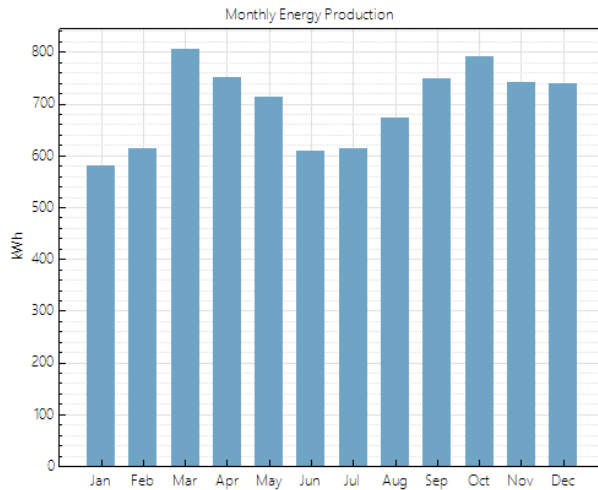
Monthly Data X	
	AC energy (kWh/mo)
Jan	293.766
Feb	309.77
Mar	406.2
Apr	378.614
May	360.752
Jun	307.502
Jul	310.346
Aug	340.367
Sep	378.433
Oct	399.759
Nov	373.862
Dec	372.844



Anexo 36

Análisis de producción energética – Demanda máxima

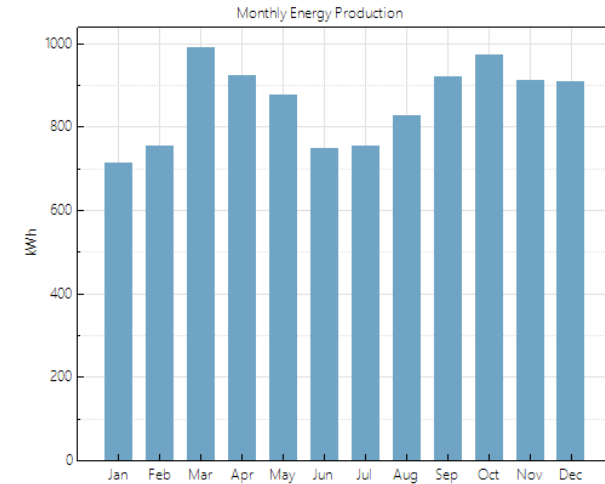
Monthly Data X	
	AC energy (kWh/mo)
Jan	580.209
Feb	612.677
Mar	804.882
Apr	750.104
May	714.158
Jun	608.095
Jul	613.751
Aug	673.586
Sep	749.455
Oct	792.141
Nov	740.527
Dec	738.414



Anexo 37

Análisis de producción energética – Producción máxima factible

Monthly Data X	
	AC energy (kWh/mo)
Jan	713.819
Feb	753.508
Mar	989.388
Apr	921.999
May	877.95
Jun	747.803
Jul	754.709
Aug	828.166
Sep	921.282
Oct	973.673
Nov	910.354
Dec	907.741



Anexo 38



UNIVERSIDAD DE CUENCA