



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

“IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA
OPTIMIZAR EL COSTO POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN
EDIFICIO MULTIFAMILIAR DEL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA
CAJAMARCA”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

Jara Fernández Carlos Lenin

ASESOR:

Ing. Luján López. Jorge Eduardo

Ing. Sánchez Huertas. Carlos E.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, transmisión y distribución de energía

Trujillo – PERÚ 2018

JURADO

MG. Alex Deyvi Tejada Ponce
Presidente

MG. Carlos Enrique Sanchez
Huertas
Secretario

DR. Jorge Eduardo Sanchez
Vocal

DEDICATORIA A:

Mis padres, **Teófilo Jara Valdez** y madre **política Bernarda Etel Gálvez Gayoso**, por brindarme un hogar armonioso, lleno de amor y comprensión, y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a **Ing. Jorge Eduardo Luján López, Ing. Carlos E. Sánchez Huertas**, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia en un marco de confianza, afecto y amistad pilares fundamentales para hacer realidad esta investigación

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Carlos Lenin Jara Fernández**; identificado con DNI: **27434073**, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, Perú 2018

Carlos Lenin Jara Fernández

PRESENTACIÓN

La presente investigación denomina “IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA OPTIMIZAR EL COSTO POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DEL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA”. Presenta por objetivo, Diseñar un sistema solar fotovoltaico, que reemplace el suministro de la red eléctrica nacional, para reducir los costos por Kwh de energía eléctrica en un edificio multifamiliar del distrito de Baños del Inca, Cajamarca. La cual:

Hace una descripción breve y precisa de la demanda energética sus razones del aumento de precios de la EE y el uso de los RER para fomenta la generación de energías renovables como opción de remplazo de las energías fósiles que se usan en mundo, como sus objetivo y expectativas, que se enfoca en ayudar a mitigar la contaminación ambiental mediante el uso de tecnologías que usan energía limpias e inagotables para producir energía eléctrica, tema al cual se orienta este proyecto. En el cual se, incluye estudios relacionados con la investiguen de otros autores que realizaron estudios similares.

Se da a conocer los principios y conceptos básicos los cuales están relacionado con el tema de radiación solar, energía solar fotovoltaica, procesos de selección y dimensionamiento de los equipos necesarios para diseñar un sistema solar fotovoltaico autónomo, así mismo el proceso de cálculo; para obtener la radiación solar, el sobredimensionamiento de los equipos del sistema solar Fv y el balance económico para conocer, su viabilidad técnica y económica.

Se ejecuta los procesos de cálculos propuestos se dimensionan los equipos se realiza un croquis, donde se muestra cómo se ubicarían los equipos si se ejecutar el proyecto de investigación, posteriormente se da las conclusiones de acuerdo con los resultados obtenidos. Así mismo, se pone en discusión los temas que, ah echo posible o no posible la ejecución del tema de investigación, y se culmina dando recomendaciones para posteriores investigaciones similares o que tengan que ver con el tema.

INDICÉ

1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad Problemática	11
1.2. Trabajos Previos.....	16
1.3. Teorías relacionas al tema	17
1.3.1. Radiación solar.....	17
1.3.2. Efecto fotovoltaico	25
1.3.3. Célula solar fotovoltaica	26
1.3.4. Sistema solar fotovoltaico (SSFV).....	28
1.3.5. Determinación de las horas pico sol (HPS).....	40
1.3.6. Procedimiento de cálculo de un sistema solar FV autónomo.....	41
1.3.7. Conductores	47
1.3.8. Estudio para el cálculo y selección de un pararrayos.....	47
1.3.9. Puesta a tierra	53
1.3.10. Costos.....	55
1.4. Formulación del problema	57
1.5. Justificación del estudio.....	57
1.6. Relevancia económica	57
1.6.1. Relevancia social	58
1.7. Hipótesis.....	58
1.8. Objetivo	58
1.8.1. Objetivo general	58
1.8.2. Objetivos específicos	58
2. MÉTODO.....	59
2.1. Tipo de investigación	59
2.2. Diseño de investigación.....	59
2.3. Variables, operacionalización	60
2.4. Población y muestra	61
2.4.1. Población	61
2.4.2. Muestra	61
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	61
2.6. Métodos de análisis y datos	61
2.7. Aspectos éticos	62
2.8. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	62
2.8.1. Recursos y presupuestos.....	62
2.9. Financiamiento	62

2.10.	Cronograma de ejecución.....	63
2.11.	Flujograma.....	64
3.	RESULTADO.....	65
3.1.	Determinación de radiación - Objetivo 1.....	65
3.1.1.	Hoja de cálculo para la radiación extraterrestre (Ra) y la insolación máxima	65
3.1.2.	Desarrollo del procedimiento de cálculo de la radiación solar.....	67
3.1.3.	Resultados de la radiación solar del distrito Baños del Inca- Cajamarca - Perú (2017-2018) Aplicando el "Modelo Angstrom – Prescott".....	70
3.2.	Demanda - Objetivo 2.....	71
3.2.1.	Calculo de demanda de EE.....	71
3.2.2.	Dimensionamiento y selección de componentes del SSFV - Objetivo 3 & 4	72
3.2.2.1.	Calculo de Módulos.....	73
3.2.2.2.	Cálculos y selección - Regulador.....	74
3.2.2.3.	Cálculos y selección - banco de acumuladores.	75
3.2.3.	Cálculo y selección – Conductores de EE. FV	78
3.2.4.	Calculo y selección – Pararrayo	80
3.2.4.1.	Proceso de evaluación, riesgo de rayos	80
3.2.5.	Calculo, selección y arreglo de electrodos para pozo a tierra(SSFV) ..	82
3.2.6.	Cálculo de huella de carbón.....	83
3.3.	Costos - Objetivo 5.....	84
3.4.	Costo del kwh del SSFV – objetivo general	88
3.5.	Ubicación de componentes del sistema solar fotovoltaico (SSFV).....	90
4.	DISCUSIÓN.....	95
4.1.	Radiación - Discusión 1	95
4.2.	Propuesta para solucionar el costo del banco de baterías - Discusión 2	96
4.3.	Por qué debería ser viable el proyecto – Discusión 3	96
5.	CONCLUSIÓN.....	97
5.1.	Conclusión - objetivo 1	97
5.2.	Conclusión - Objetivo 2.....	98
5.3.	Conclusión - Objetivo 3 & 4	98
5.4.	Conclusión - Objetivo 5	98
6.	RECOMENDACIONES.....	99
7.	PROPUESTA.....	99
8.	REFERENCIAS	100

RESUMEN

Una de las principales razones por lo que este proyecto, llevar a cabo esta investigación es colaborar en el desarrollo de mecanismos de consumo de energía menos agresivos con el medio ambiente que ayude a mitigar las emisiones de carbono, disminuir el precio del kwh por consumo de energía eléctrica y conocer su viabilidad técnica y económica. Por ello, este proyecto se centra en el cambio de uso de energía convencional a energía solar fotovoltaica de un edificio multifamiliar, ubicado en el distrito de baños del inca. Para la realizar este proyecto se ha hecho el cálculo de radiación solar de un año usando el método de Angstrom-Prescott, se sobredimensiono y seleccionado por calculo los componentes del sistema solar fotovoltaico. La presente investigación conto con una población de sesentaiocho (68) edificios, por las características es el tipo de investigación de enfoque cualitativo-Descriptiva y pertenece a la línea de generación, transmisión y distribución de energía. Terminada la investigación se llegó a la conclusión que era viable técnicamente mas no económicamente, por el costo de uno de sus componentes, el banco de baterías que cubrió el 67.14% de la inversión inicial, pero si es posible generar energía eléctrica más cómoda que el servicio público de electricidad por una diferenciad de 1.217 ctm S/./kw.h, sería viable si el inversionista considera una tasa de retorno de 4% con o sin el bono por mitigación de emisión de carbón a la atmosfera.

Palabras clave: Radiación, Energía solar fotovoltaica, Energía Eléctrica, Costos

ABSTRACT

One of the main reasons why this project, to carry out this research is to collaborate in the development of mechanisms of energy consumption less aggressive with the environment that helps to mitigate the carbon emissions, to decrease the price of the KWh by Power consumption and know its technical and economic viability. Therefore, this project focuses on the change in the use of conventional energy to solar photovoltaic energy of a multifamily building, located in the district of Baños del Inca. For this project has been done the calculation of solar radiation of one year using the method of Angstrom-Prescott, oversized and selected by calculating the components of solar photovoltaic system. This research had a population of Sixty-eight (68) buildings, by the characteristics is the type of research of qualitative-descriptive approach and belongs to the line of generation, transmission and distribution of energy. After the investigation was concluded that it was technically viable but not economically, for the cost of one of its components, the battery bank that covered 67.14% of the initial investment, but if it is possible to generate electricity more comfortable than the Public electricity service by a difference of 1,217 ctm S./kw. h, it would be feasible if the investor considers a return rate of 4% with or without the bond for carbon emission mitigation to the atmosphere.

Keywords: Radiation, Photovoltaic solar energy, electric power, Costs

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El presente proyecto de investigación busca la generación de energía eléctrica limpia y responsable con el medio ambiente, pensando en el planeta, la salud y la comodidad de los habitantes del edificio multifamiliar que reúne, las siguientes características: área de terreno $168.75 m^2$, área verde común $36.75m^2$, cinco(5) planta con un área construida $132 m^2$ por planta, un departamento por planta de $115 m^2$ y $17m^2$ de áreas comunes, ubicado en el distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

La energía eléctrica constituye un pilar de la economía del mundo desde la comercialización de las primeras bombillas incandescentes en el siglo XIX, que cambió radicalmente la vida del ser humano, experimentando un cambio en sus hábitos de consumo. Constituyendo un componente clave para los procesos industriales y sostiene el consumo de los usuarios residenciales, impulsando la actividad económica, facilitando el comercio internacional. Permite el buen funcionamiento de los mercados y generando bienestar al permitir que los ciudadanos tengan altos estándares de calidad de vida. (Tamayo Pacheco, Salvador Jácome, & Vilches Cevallos, 2016)

La creciente demanda de la energía eléctrica distribuida a nivel mundial que aumenta constantemente, impulsado tanto por el crecimiento socioeconómico de las naciones como por el aumento de la población mundial, vienen ocasionan el aumento del costo de la energía eléctrica.

Al mismo tiempo el costo de la energía eléctrica del mundo sigue dependiendo de demanda de los hidrocarburos cada día más caros, impulsada por la dependencia del mundo energético que generar energía eléctrica y otros tipos de energías, que mantiene el ritmo de vida de nuestra sociedad actual. Situaciones que afecta al consumidor de energía eléctrica del sector residencial y otros que depende de ella, con sus altos costos que se ven reflejados en la facturación por consumo de energía.

No podemos negar que la energía primaria de origen fósiles como el carbón, gas natural, petróleo y sus derivados. Han hecho posible mantener el ritmo del crecimiento económico mundial y alcanzar el nivel de calidad de vida que hoy conocemos. Sin embargo, a partir de la década de los ochenta del siglo pasado el mundo, buscaría impulsar las energías renovables no convencionales, para poder mitigar el cambio climático.

Con ello nace el Protocolo de Kioto compromiso adquirido por 180 países en Rio De Janeiro en 1992, que se concluyó en 1997 en la ciudad de Kioto Japón, que tuvo como objetivo tomar medidas para mitigar el cambio climático, lo que le permitiría las energías renovables no convencionales tomar un lugar en el mundo de la generación de la energía eléctrica.

Las energías renovables no convencionales a vienen aportando bastante a la salud, medio ambiente y la economía, ello nos da a conocer el estudio el laboratorio Nacional Lawrence Berkeley-EE. UU. Periodo junio 2007 - julio 2015. Que concluyeron que la energía eólica y solar brindan beneficios a la salud, el medio ambiente y ayuda a disminuido las emisiones de gases tóxicos (SO_2 , NO_x , $PM_{2.5}$ y CO_2) producidas por los combustibles fósiles en los lugares, que se, a viene usando la energía del sol y el viento. Al mismo tiempo a contribuyendo con el ahorro en la salud y la economía de EE. UU, con un ahorro de; \$92 mil -millones, Por mitigación al cambio climático y evito 8000 muertes prematuras. Los beneficios totales en solo, para el año 2015 por mitigación al cambio climático serán de \$ 16 millones y 1190 muertes prematuras evitadas (Millstein, Ryan, Wiser, Bolinger, & Barbose, 2017).

El 2015, las energías renovables convencionales y no convencionales han aportado él 23.7% de la producción de la energía eléctrica del mundo de la cual el 1.2% pertenece a la fotovoltaica que es equivalente a 227GW como se muestra en la figura 1, además aumentado el número de empleos en un 5% sumando 8.1 millones de trabajos (directos e indirectos) con; La energía solar fotovoltaica con 1.7 millones de empleos seguido de los biocombustibles que dieron el mayor número de empleos en energía renovables. La energía hidroeléctrica reportó 1.3 millones de empleos directos añadidos como se muestra en la figura 2, destacando como

principales empleadores durante el 2015; China, Brasil, India y Estados Unidos.

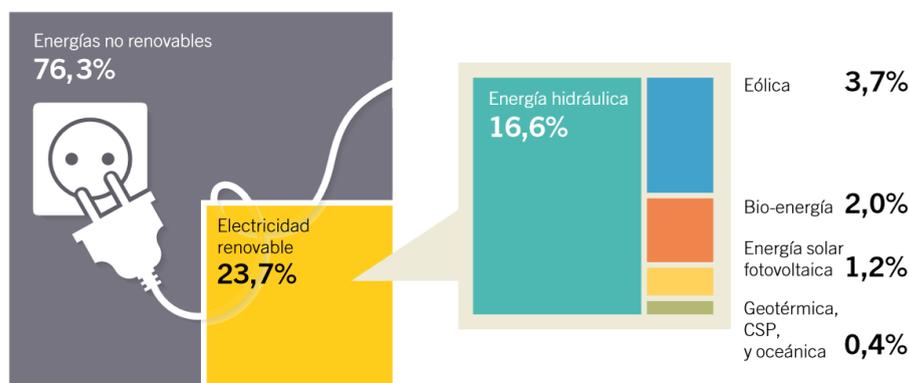


Ilustración 1. Participación estimada de energía renovable en la producción a nivel mundial, finales de 2015

(REN21, 2016). Se muestra en la ilustración. 1 y 2.

La energía del sol desde que comenzó a comercializarse ha ido reduciendo sus costos, solar y solar PV en azotea o techo (Lazard, 2016), disminuyendo un 70% el costo de los sistemas instalados de energía solar impulsada actualmente por; la demanda eléctrica ascendente en economías emergente, combinación energética equilibrada, reserva de los combustibles fósiles para la explotación, independencia

Participación estimada de energía renovable en la producción de electricidad a nivel mundial, finales de 2015



Basado en la capacidad de generación de energía renovable a finales de 2015. Los porcentajes no corresponden a la suma total debido al redondeo.

Ilustración 2. Empleos de energía renovable, periodo 2014 - 2015 con fechas fluctuantes según país

energética, acceso a la electricidad, paridad de red y viabilidad económica. (Levran, 2015).

El precio de los módulos PV en el 2015, disminuyó en comparación a los años anteriores el precio más bajo registrado entre los países informantes fue de alrededor de 0,6 dólares/W en China y en otros países. Sin embargo, los precios de los módulos para las plantas a escala comercial figuran por debajo de estos valores medios, hasta 0,45 USD / Wp hasta finales del 2015, estos precios tienden a bajar, empujado por el exceso de capacidad y las expectativas de los mercados inferiores. (PVPS, 2016, pág. 58). como se muestra en ilustración 3.

Precios de módulos indicativos (Finales del 2015)			
Monedas nacionales USD/vatio			
País	Moneda	Moneda local/w	USD/w
Australia	AUD	0.8	0.6
Austria	EUR	0.56 - 0.6	0.62 – 0.67
Canadá	CAD	0.80	0.63
China	CNY	3.60	0.57
Dinamarca	DKK	3 - 7	0.43 – 1.04
Finlandia	EUR	0.65	0.72
Francia	EUR	0.57 – 0.62	0.63 - 0.69
Alemania	EUR	0.47 – 0.64	0.52 – 0.71
Italia	EUR	0.55	0.61
Japón	JPY	138	1.14
Corea	KRW	974	0.86
Malasia	MYR	3.07	0.79
España	EUR	0.6	0.67
Suecia	SEK	7.6	0.9
Suiza	CHF	0.70	0.73
Tailandia	THB	25 – 40	0.73 – 1.17
USA	USD	0.72	0.72

Notas: Los datos indicados en esta tabla no incluyen el IEA
Verde = Precio más bajo Rojo = precios más alto.
*: Los datos de NSR 2014

SOURCE IEA PVPS.

Ilustración 3 .Tabla de precios de los módulos indicativo (moneda nacional / vatio y USD / vatio) en los países de informe seleccionado

Sudamérica al 2015 es la región que, generación más energía eléctrica limpia del mundo, con una producción de 1217 TWh de las cuales el 60.0% es energía del agua, el 0.7% energía del viento, 0.02% solar, 1.9% nuclear y el 37.4% pertenece a energía fósil. (Tamayo Pacheco, Salvador Jácome, & Vilches Cevallos, 2016).

Chile está consiguiendo cubrir su demanda emergentica a futuro en todos sus sectores con proyectos de energía renovable no convencionales (ERNC), como, el programa techos solares propios (PTSP) en edificios públicos, etc. basados en cuatro variables: marco propicio, inversión, cadena de valores y reducción de CO₂, con una inversión de 3.2 millones de dólares en 2015. Llegando a figura como el mayor inversionista en ERNC, en Sudamérica y el Caribe con mayor inversión, Según New Energy Finance Climascoppe elaborado por Bloomberg New Energy Finance y el Banco Interamericano de Desarrollo. (Chileno, 2017).

Al 2015, sector de energía eléctrica de nuestra nacional cuenta con una demanda que, creció en más de 200% al pasar de 10.7 TWh en 1992 a 42.3 TWh en 2015 y una producción de 48TWh (Tamayo Pacheco, Salvador Jácome, & Vilches Cevallos, 2016), los que son consumidos por el sector; industrial 54%, residencial 23%, comercial 21% y alumbrado público 2% (Carrasco Baca, 2015).

Perú se caracteriza por tener el potencial necesario para acceder a las diferentes fuentes de energía renovables convencionales y no convencionales por su geografía y ubicación, las que esta comenzado a ser explotadas, atreves de sus 77 proyectos conseguidos, hasta febrero del 2016 con lo que se pretende obtener 6 140 GWh/año de energía eléctrica limpia, a la fecha indicada se cuenta con 1273.96 MW instalados, de las cuales 96 MW son generadas por plantas solares fotovoltaica (Tamayo Pacheco, Salvador Jácome, & Vilches Cevallos, 2016). Con ello el estado peruano busca mitigar la demanda energética, el calentamiento global, alcanzar producir el 20% de energía con recursos renovables hasta el 2030 y llegar a cubrir el 1.3% de la población que aun, no tiene la posibilidad de acceder a la energía eléctrica en zonas urbanas y el 36.7% en la zona rural hasta el 2013 (Escobar, y otros, 2016, pág. 12).

Como hemos podido apreciar el uso de la energía solar contribuye a la eficiencia de los países, al aprovechan sus propios potenciales para la generación de energía eléctrica y térmica, se mitiga la emisión de gases del efecto invernadero, se disminuye la importación y uso de los combustibles fósiles, se promueve el desarrollo de la industria local mediante la creación de nuevos puestos de trabajo, mejor la saluda de las personas al evitar muertes prematura aceleradas por los gases tóxicos que se generan al producir energía eléctrica usando combustibles fósiles, se impulsa la economía de los países, y la calidad de vida de sus habitantes. Por ello se hace atractiva para el sector residencial las tecnologías de la energía del sol con fines de autoconsumo con conexión a la red eléctrica de estas tecnologías la fotovoltaica es ideal, para ser usada dentro de las ciudades y periferias, que conlleva ventajas técnicas y económica por sus múltiples propiedades ya que es silenciosa, cuenta con pocos componentes, fácil de adquirí en el mercado, etc.

Por lo mencionado el presente proyecto de investigación está orientada al desarrollo de la energía renovable no convencional en el distrito de Baños Del Inca, Cajamarca, aplicando la tecnología de la energía solar mediante el uso del sistema solar fotovoltaico sin conexión al Servicio Público de Electricidad, con la finalidad de reducir costos de kwh de energía eléctrica en el edificio multifamiliar. Por esto se consideró el uso de métodos técnicos y el análisis económico necesario para poder realizar este proyecto de esta manera promover el desarrollo de la energía solar fotovoltaica.

1.2. Trabajos Previos

En materia de esta investigación se encontró antecedentes de estudios que se hacen referencia como:

Matinez Espinoza, (2011). En su investigación titulada, Evaluación económica de un sistema fotovoltaico en Punta Arenas con diseño de emulación de potencia suministrada por paneles solares (Trabajo de titulación para optar al título profesional de ingeniero en electricidad). Universidad De Magallanes, Punta Arena, Chile. La cual, busco analizar la actividad y costos al instalar un sistema fotovoltaico 100% autónomo en una vivienda residencial en la ciudad de Punta Arena, considerando el mercado existente en su país. Terminada la investigación se llegó a la conclusión que no era viable, por el costo de los materiales y equipos, porque no generaba rentabilidad económica al ser un sistema de generación fotovoltaico autónomo y se especificó que hubiera sido distinto si fuera un sistema fotovoltaico con conexión a red, se podría vender el excedente a la empresa comercializadora de energía de la red pública a un 20% menos del precio que ellos venden y la inversión hubiera sido menor, porque no sería necesario el banco de baterías. La metodología y el marco teórico de esta investigación servirán como referencia para el presente Proyecto. (Martines Espinosa, 2011)

Franco Suarez, (2017). En su investigación titulada, Estudio prospectivo de la generación de empleo, valor agregado y reducción de emisiones por despliegue de la energía solar PV distribuida en argentina 2030. (Trabajo de tesis maestría en energía y ambiente). ITBA Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Buenos Aires,

Argentina. Este trabajo de tesis tuvo como objeto estimar la generación de empleo directo, dar valor agregado y la reducción de emisiones como resultado del despliegue de la energía solar fotovoltaica distribuida en Argentina en el periodo 2018 – 2030. Para llegar a cumplir con su objetivo en esta tesis se utilizó, se apoyó en él, análisis de antecedentes y métodos prospectivos (Método de factor de empleo, factor de emisiones y de la proyección del valor agregado), a lo que terminada su investigación llegaron a la conclusión que el proyecto si era viable y se estimó lo siguiente: 1118 empleos generados (directos brutos), 2.120 789 895 US\$ a 4 316 057 842 US\$ de valor agregado generado (Según escenario de desarrollo económico argentino) y se deja de emitir 968 Mton de CO₂ (asumiendo el remplazo de GN en ciclo combinado). (Franco Suarez, 2017).

Issa Escobar, (2013). En su investigación titulada, Estudio técnico - económico para la implementación masiva de sistemas solares fotovoltaicos para los estratos cinco y seis de la ciudad de Cali (Proyecto de grado Para optar al título de Ingeniero Mecánico). Universidad Autónoma De Occidente. Santiago de Cali, Colombia. El presente proyecto tuvo como propósito reducir el consumo de energía proveniente del sistema interconectado, con la implementación de sistemas fotovoltaicos con conexión a la red de manera masiva en el sector residencial de la ciudad de Cali, para cumplir con el proyecto se realizó un análisis técnico económico para saber cómo implementar el sistema fotovoltaico masivo en el sector residencial de los estratos cinco y seis de la ciudad de Cali, terminado el presente proyecto se concluyó que si era factible reducir el consumo proveniente del sistema interconectado porque con la implementación de SSFV de autoconsumo se genera cerca del 97% de energía eléctrica durante las horas de sol/día, lo que hace posible reducir el consumo de energía del sistema interconectado, y es posible la recuperación de la inversión de 10 años. (Issa Escobar, 2013).

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Radiación solar

Es un fenómeno físico debido a la emisión de energía producida por el sol en forma de radiación electromagnética. Estas radiaciones se transfieren por ondas electromagnéticas, que originan, la aceleración de cargas eléctricas. Se estima, que,

de la radiación solar que llegar a la atmósfera terrestre, solo logra alcanzar la superficie terrestre la mitad. (Schallenberg Rodríguez, y otros, 2008).

1.3.1.1. Componentes de la radiación (Conceptos)

1.3.1.1.1. Radiación extraterrestre (R_a)

La radiación (solar) extraterrestre R_a es la radiación solar que llega sobre la superior de la atmósfera terrestre sobre una superficie horizontal, la que está determinada por el ángulo entre la dirección de los rayos solares y la superficie de la atmósfera, este ángulo cambia durante el día y es diferente en diversas latitudes y épocas del año. Por lo tanto, la radiación extraterrestre es considerada una función de; la latitud, la época del año y la hora del día. (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006)

Constante solar, es la radiación que choca a una superficie perpendicular a los rayos del sol en el extremo superior de la atmósfera terrestre, y su valor aproximado es de $0.082 \text{ [MJ m}^{-2} \text{ Día}^{-1}]$, si el sol se encuentra directamente encima de la cabeza y el ángulo de incidencia es cero.

1.3.1.1.2. Radiación solar o de onda corta (R_s)

La cantidad de radiación que llega, a un plano horizontal de la superficie terrestre se conoce como; radiación solar (R_s) o radiación de onda corta (por la energía que emite el sol, por medio de ondas electromagnéticas caracterizadas por longitudes de onda cortas) y radiación global (por ser, la suma de radiación directa de la onda corta del sol y de la radiación difusa resultante de todos los otros ángulos). (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006)

En un día despejado, R_s es cerca del 75% de la radiación extraterrestre. En un día nublado, este valor disminuye por que la radiación se dispersa en la atmósfera. Sin embargo, incluso con una nubosidad muy densa, cerca del 25% de la radiación extraterrestre puede todavía llegar a la superficie terrestre principalmente como radiación difusa de la atmósfera. (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006)

1.3.1.1.3. Radiación relativa de onda corta (R_s/R_{s0})

La radiación relativa de onda corta es la división de la radiación solar (R_s) entre la radiación solar de un día despejado (R_{s0}). Así mismo; R_s , es la radiación solar que

realmente llega a la superficie terrestre en un determinado tiempo, mientras que R_{so} es la radiación solar que alcanzaría la misma superficie durante el mismo tiempo si el cielo estuviera despejado. (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006)

La radiación relativa de onda corta es una forma de expresar la nubosidad de la atmósfera; cuanto más nublado este el cielo, más pequeño será su valor. la relación varía cerca de; 0,33 (nubosidad elevada) y 1 (cielo despejado).

1.3.1.1.4. Duración solar relativa (n/N) o heliofanía relativa.

La duración solar relativa, es el cociente que enuncia la nubosidad atmosférica. Es la división de la duración de la real insolación(n), con respecto a la duración de la máxima insolación(N) de un día, en un día sin nubosidad la duración real de la insolación es igual a la insolación máxima posible ($n = N$) y la relación es uno, mientras que en días muy nublados n, la relación puede tomar el valor de cero. En ausencia de datos directos de R_s , la duración solar relativa, n/N , se utiliza para derivar la radiación solar de la radiación extraterrestre. (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006).

Fotoperiodo o astronomía del día (N), es el tiempo de iluminación solar que inicia con la salida de sol hasta la puesta de sol. También conocida como; duración del día solar o duración máxima de la insolación.

Heliofanía (n), es el tiempo durante el cual el sol tiene un brillo solar efectivo, momento en que, la energía solar directa alcanza o excede un valor umbral variable entre; 120 a 210 W/m^2 . también se le conoce como; “brillo Solar” o “duración real de la insolación”. (SENAMHI, 2003)

Tabla 1

Estacion Meteoreologica	Latitud		Heliofanía		
	Latitud (°S)	Longitud (°W)	relativa (%)	Promedio	Desv. Estandar
Sierra					
Bambamarca	4,56	44	44	5.3	3.0
Weberbauer	7,17	78,50	49	6.0	2.9

Fuente 1 : De tabla 2 y anexo 5 de atlas solar (SENAMHI, 2003)

1.3.1.1.5. Albedo (α) y radiación neta solar (R_{ns})

El albedo (α), es la fracción de radiación solar que es reflejada sobre la superficie terrestre. Por lo tanto, el albedo (α) es la cantidad de radiación solar que es devuelta a la atmosfera al chocar con la superficie terrestre. El cual cambia sus valores (0.95 a 0.08) de acuerdo con el tipo de superficie y el ángulo de incidencia o la pendiente de la superficie terrestre. (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006)

La radiación neta solar, (R_{ns}), es la porción de la radiación solar R_s o de honda corta, que no se refleja en la superficie. Su valor es $(1 - \alpha)R_s$.

1.3.1.1.6. Radiación neta de onda larga (R_{nl})

La diferencia entre la radiación de onda larga entrante y saliente se llama radiación neta de onda larga, R_{nl} . Como la radiación saliente de onda larga es casi siempre mayor que la radiación entrante, R_{nl} representa una pérdida de energía. (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006).

La radiación de onda larga o radiación terrestres, es la energía radiante o radiación emitida por la tierra.

1.3.1.1.7. Radiación neta (R_n)

Es el equilibrio entre la energía reflejada, emitida y absorbida, por la superficie terrestre o la diferencia de la radiación de onda corta entrante neta (R_{ns}) y la radiación de onda larga saliente neta (R_{nl}) (ilustración 4). La R_n , es normalmente positiva durante el día y negativa durante la noche. El valor diario total para R_n , es casi siempre positivo para 24 horas, excepto en condiciones extremas de latitudes elevadas. (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006).

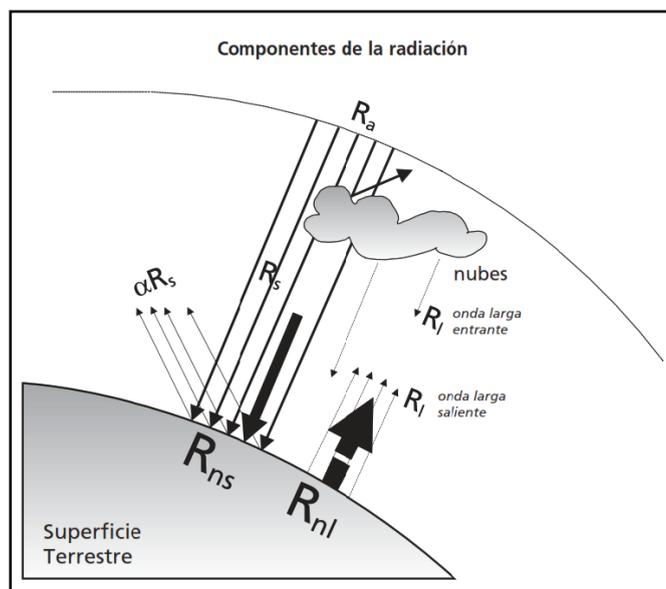


Ilustración 4

1.3.1.2. Instrumentos de Medición

La radiación se puede medir con; piranómetro, Pyrheliómetro, Pyrgeometro, albedómetro, radiómetro neto y el Solarímetro. En caso de no contar con los piranómetros, la radiación solar se puede calcular de la duración de la insolación (horas sol reales “*n*”), la cual se mide con el heliógrafo. Los diferentes tipos de instrumentos para medir diferentes tipos de radiación y horas sol se muestra en la tabla 2.

Tabla 2.

Instrumentos que miden diferentes tipos de radiación		
Nombre	Imagen	Que, mide
<p>Piranómetro</p> <hr/> <p>Marca</p> <hr/> <p>Modelo SR20-D1</p>		Radiación solar recibida por una superficie plana, en w/m^2 .
<p>Pyrheliómetro</p> <hr/> <p>Marca</p> <hr/> <p>Modelo DR01</p>		La incidencia normal directa de la radiación solar (Radiación solar directa).
<p>Pyrgeometro</p> <hr/> <p>Marca Thermal sensor</p> <hr/> <p>Modelo IR20- IR20WS</p>		La irradiación de "onda larga descendente y ascendente" (definición de la OMM)
<p>Albedómetro</p> <hr/> <p>Marca</p> <hr/> <p>Modelo SRA20</p>		Radiación solar global, reflejada y el albedo solar, o reflectancia solar, con la mayor precisión.
<p>Radiómetro neto:</p> <hr/> <p>Marca Kipp&Zonen</p> <hr/> <p>Modelo NR Lite 2</p>		Radiación neta; ésta se refiere a la diferencia entre la radiación entrante del sol y la saliente de la tierra (<i>longitudes de onda corta y larga</i>).
<p>Solarímetro</p> <hr/> <p>Marca Nvey Eco</p> <hr/> <p>Modelo SM206</p>		Radiación de energía solar/del sol
HELIÓMETRO		Horas de sol - La duración de la luz solar
Marca		

Modelo	SR-08		
Heliógrafo			
Marca			El tiempo de insolación - horas de sol (no mide radiación)
: Modelo	Campbell Stokes		

Fuente 2. Elaboración Propia

Unidades

La unidad estándar para medir la energía recibida en una unidad de superficie por unidad de tiempo es el mega joule por metro cuadrado por día [MJ m⁻² Día⁻¹]

$$1\text{KWh} = 3600 \text{ KJ} = 3.6\text{MJ}$$

$$1\text{HSP} = 1000 \text{ Wh/m}^2 = 1\text{KWh/m}^2$$

1.3.1.3. Modelos de estimación de radiación solar.

1.3.1.3.1. Modelo angstrom – Prescott

El modelo de angstrom – Prescott, es el modelo más frecuentemente utilizado para calcular la irradiación solar relativa (H/H_0 o R_s/R_a) o la radiación solar diaria sobre plano horizontal, basado en la duración relativa de la insolación (n/N), ecuación sugerida por Prescott en 1940 y modificada por Angstrom en 1924.

Para obtener los valores la radiación solar primero se calcula la radiación extraterrestre (la radiación solar incidente en el límite de la atmósfera terrestre), segundo la insolación máxima posible (el número de horas de sol que se puede obtener de un día) y con los resultados de los dos cálculos anteriores se obtiene la radiación solar.

1.3.1.3.2. Modelo Bristow - Campbell

El modelo de **Bristow-Campbell** (1984), se basa el cálculo de la transividad o irradiación solar relativa (H/H_0 o R_s/R_a), haciendo uso de la variación de la temperatura máxima y mínimas (ΔT , °C) del día a día. (SENAMHI, 2003).

1.3.1.3.3. Modelo de interpolación

Modelo basado en la interpolación lineal, mediante el uso de software, mapas digitales de pendiente y de espectro y otros

1.3.1.4. Procedimiento de cálculo

1.3.1.4.1. Radiación extraterrestre para periodos diarios (R_a)

La radiación extraterrestre, R_a , para cada día del año y diferentes latitudes se evaluar haciendo uso de: la constante solar, la declinación solar y la época del año:

$$R_a = \frac{24 \cdot 60}{\pi} G_{SC} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega)] \quad (1)$$

Siendo:

R_a Radiación extraterrestre [$MJ m^{-2} Día^{-1}$]

G_{SC} Constante solar $0.082 MJ m^{-2} min^{-1}$

d_r Distancia relativa inversa Tierra-Sol (Ecuación 3).

ω_s Ángulo de radiación a la puesta de sol [rad] (Ecuación 5 o 6)

φ Latitud [rad] (Ecuación 2)

δ Declinación solar [rad] (Ecuación 4)

- La latitud (φ), Se expresa para el hemisferio norte en radianes positiva (+) y Para el hemisferio sur en radianes negativo (-). Por esta razón se convertirá de grados decimales a radianes, usa la siguiente ecuación:

$$\varphi = \frac{\pi}{180} [Grado decimales] \quad \text{En } [rad] \quad (2)$$

- Número de día en el año (J), Se estima con la ecuación:

$$J = \text{Numero Entero} * \left(\frac{275 * M}{9} - 30 + D \right) - 2 \quad (3)$$

Si ($M < 3$) **Entonces** $J = J + 2$

ó tambien, **SI**(año bisiesto y ($M < 2$)) **Entonces** $J = J + 1$

Si las estimaciones son de 10 días, usar J, para día $D = 5, 15$ y 25

Si las estimaciones son mensuales, usar J en el día 15 de cada mes, que viene expresada aproximadamente por:

$$J = \text{Numero Entero}(30.4 * M - 1)$$

Siendo; J es el número del día en el año entre 1 (1 de enero) y 365 (31 de diciembre).

- La distancia relativa inversa Tierra-Sol (d_r), y la declinación solar (δ), se estima con la ecuación:

$$d_r = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365}J\right) \quad (4)$$

$$\delta = 0.409 * \text{sen}\left(\frac{2\pi}{365}J - 1.39\right) \quad (5)$$

- El ángulo de radiación a la hora de la puesta del sol, (ω_s), se estima con la ecuación:

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi)\tan(\delta)] \quad (6)$$

Como las funciones de los arcos no es utiliza en todos los lenguajes de programación, el ángulo de radiación a la hora de la puesta de sol también se puede calcular usando la función arctan:

$$\omega_s = \frac{\pi}{2} - \arctan\left[\frac{-\tan(\varphi)\tan(\delta)}{X^{0.5}}\right] \quad (7)$$

Siendo:

$$x = 1 - [\tan(\varphi)]^2[\tan(\delta)]^2 \quad (8)$$

y $x = 0.0001$ si $x \leq 0$

1.3.1.4.2. Duración máxima de la insolación (N)

La duración máxima de la insolación N, se estima con la ecuación:

$$N = \frac{\pi}{24} \omega^2 \quad (9)$$

Siendo ω , el ángulo de radiación a la hora de la puesta de sol se calcula con la ecuación 5 o 6.

1.3.1.4.3. Radiación Solar (R_s)

Una de las maneras de calcular la radiación solar (R_s), es haciendo uso de la fórmula de **Angstrom – Prescott**, que relaciona la radiación solar con la radiación extraterrestre y la duración relativa de la insolación:

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \quad (10)$$

Siendo:

R_s Radiación solar o de onda corta [MJ m⁻² día⁻¹]

n Duración real de la insolación [horas]

N Duración máxima posible de la insolación [horas]

$\frac{n}{N}$ Duración relativa de la insolación [-]

R_a Radiación extraterrestre [MJ m⁻² día⁻¹]

a_s Constante de regresión que expresa la fracción de radiación extraterrestre que llega a la tierra en días muy nublados ($n = 0$)

$a_s + b_s$ Fracción de la radiación extraterrestre que llega a la tierra en días despejados ($n = N$).

Los coeficientes empíricos a_s y b_s tienen un concepto físico, siendo $a_s + b_s$ los que representa el valor máximo de la transmisividad de la atmósfera (τ) mientras que el coeficiente a_s representa el mínimo valor de τ .

Sin no se tuviese los valores reales de $a_s + b_s$, se recomienda usar valores equivalentes, como: $a_s = 0,25$ y $b_s = 0.50$ (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006). en este caso se usar dato de la estación meteorológica Weberbauer. que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Valores de los coeficientes de modelo Angstrom´- Prescott; a_s y b_s , número datos y errores promedio

Estación Meteorológica	a_s	b_s	Número de datos	Error (%)
Sierra				
Bambamarca	0,322	0,336	2697	6,6
Weberbauer	0,231	0,521	1 859	-2,7

Fuente 3: (SENAMHI, 2003, pág. 17)

1.3.2. Efecto fotovoltaico

El efecto fotoeléctrico es la base de la generación de energía eléctrica por radiación solar. Consiste en la emisión de electrones, por un semiconductor, al incidir

sobre él la radiación electromagnética que permite absorber los fotones de luz (Delgado Avendaño, 2008), convierte la energía de luz en energía eléctrica. El efecto fotovoltaico también se manifiesta en cuerpos expuestos a la luz solar de forma prolongada.

1.3.3. Célula solar fotovoltaica

Una célula fotovoltaica, también conocida como; celda, fotocélula y célula fotoeléctrica, es un dispositivo electrónico en estado sólido que tiene la capacidad de transformar la radiación solar en energía eléctrica. (Balenzategui Manzanares, 2007). En otras palabras, permite convertir la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) proceso que se da, a través del efecto fotoeléctrico.

La característica de una célula fotovoltaica es proporcionada por el fabricante normalmente según Condiciones Estándar de Medida (CEM o STC, del inglés, Standard Test Conditions) de uso universal.

1.3.3.1. Funcionamiento de la célula solar fotovoltaica

El principio de funcionamiento de la célula solar FV se podría decir que se inicia en uno de los procesos de fabricación, quizás el más importante, "*la difusión de fósforo*", a las obleas ingresadas en bloques, unidas de dos en dos, en un horno tubular, donde las obleas reciben una corriente de gas fosfórico a una temperatura superior a los 800 °C en las superficies libres, el gas puede precipitarse penetrando las obleas y formando dos capas de diferente carga, cuyo origen se encuentra en la estructura atómica, el material de partida es el silicio que durante la cristalización ha sido mezclado con átomos de boro, el boro es el elemento elegido por los tres electrones externos que cuentan, uno menos que el silicio de esta manera se crea la composición de átomos, un hueco con carga positiva, por otra parte los átomos de fósforo difundidos poseen cinco electrones externos es decir, un electrón más con carga negativa que el silicio, el resultado son dos portadores de cargas diferentes, electrones negativos y huecos positivos, que pretenden encontrar el equilibrio de potencia persiguiendo la percepción de que los polos opuestos se atraen. Lo que se muestra en la figura 5, no obstante los portadores de cargas libres, no empiezan a moverse con ímpetu hasta que reciben las primeras radiaciones solares, los fotones disparan entonces con su energía portadores de cargas en gran cantidad de sus

uniones, de esta manera entre una capa con carga positiva y otra con carga negativa se forma un campo de tensión del cual se escapan los portadores de cargas lo que hace aumentar aún más la diferencia de potencia, si ahora se coloca un contacto, los portadores de carga tomaran el recorrido con la resistencia más baja, generando así el flujo de corriente eléctrica, esto es el principio fotovoltaico, el mundo de funcionamiento de la célula solar Fv. El proceso de transformación durante el cual una oblea dotada de carga positiva se convierte en una oblea conductora, es decir en un componente eléctrico que transforma la energía de la luz en energía eléctrica, dura aproximadamente una hora. (Pulsolar, 2012).

Estructura cristalina de semiconductores tipo: P y N

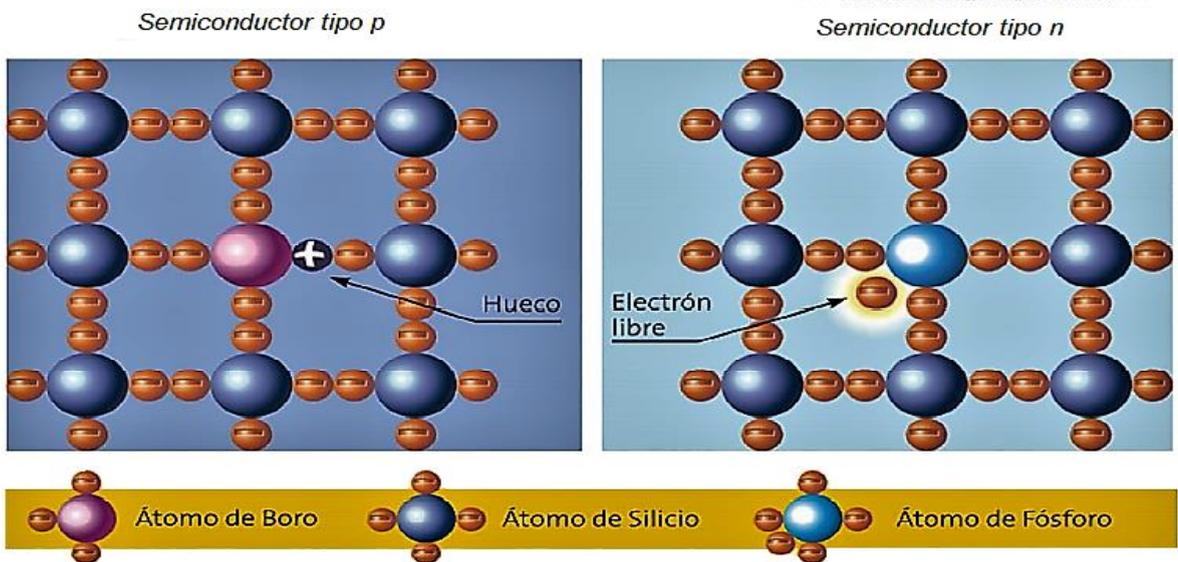


Ilustración 5 Estructura Cristalina de un semiconductores tipo p y N

1.3.3.2. Eficiencia tecnológica de la Célula solar fotovoltaica

La tabla 4, nos muestra la eficiencia de las células solar en tres escenarios diferentes en; laboratorio, producción y fabricación en serie.

Tabla 4 Eficiencia de la célula solar fotovoltaica en tres escenarios diferentes.

Material de las células solares	Eficiencia de la célula (laboratorio)	Eficiencia de la célula (producción)	Eficiencia de la célula (fabricación en serie)
Pilas de células (semiconductor II-IV) con controladores	42.8% *	63.0%	28.0%
Células de contacto posterior (mono-Si)	25.0%	22.4%	20.0%
Células de contacto posterior (poli-Si)	18.2%	17.5%	6%
Células de silicio monocristalino	22.7%	18.8%	16.0%
Células híbridas de silicio (HIT)	23.0%	20.0%	17.4%
Células de silicio policristalino	20.0%	17.1%	16.0%
Células de silicio de franjas	19.7%	14.0%	13.1%
Células CIS	19.9%	14.0%	12.3%
Células CdTe	16.5%	11.0%	11.0%
Células de silicio de microcristalina	15.2%	13.0%	7.6%
Células CIS nano	14.0%	12.0%	10.0%
Células de silicio Amorfo **	13.2%	10.5%	7.5%
Células de silicio micromorfo**	13.0%	12.5%	11.2%
Células de material colórate	12.0%	7%	5% ***
Células orgánicas	6.5%	*	*
Células poliméricas	7.9%	5%	1.7%
En estado Estabilizado *	Medio bajo insolación solar **	Producción pequeña envergadura ***	

Fuente 4. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V (DGS)

1.3.4. Sistema solar fotovoltaico (SSFV)

El SFV viene a ser un conjunto de componentes eléctricos y electrónicos contruidos e unidos específicamente para producir energía eléctrica haciendo uso de radiación solar, utilizando el efecto fotovoltaico. Los SSFV o instalaciones FV. Se caracterizan por:

- SU simplicidad y fácil instalación.
- Son modulares.

- Prolongado ciclo de vida útil (los Módulos FV superan los 30 años)
- Requieren un mantenimiento mínimo.
- Fiabilidad alta.
- No produce contaminación sonora, es silencioso

1.3.4.1. Arreglo de un sistema Fotovoltaico

El arreglo fotovoltaico es un grupo de módulos fotovoltaicos unidos eléctricamente entre sí. La conexión de los módulos se realiza en serie, paralelo o combinando ambas opciones, dependiendo de las características eléctricas requeridas a la salida del arreglo fotovoltaico. (Sánchez & Bernie, 2012).

Los módulos se conectan en serie para conseguir la tensión nominal (V_n) del sistema a diseñar y formar de esta manera una rama. Varias ramas se conectan en paralelo para obtener la potencia deseada y constituir de esta manera el arreglo fotovoltaico. (Sánchez & Bernie, 2012).

La cantidad de energía generada por un arreglo fotovoltaico fluctúa en función de ciertos parámetros, entre los que sobresale; la radiación y la latitud de la instalación a diseñar siendo el ángulo de inclinación de los módulos que componen el arreglo fotovoltaico un valor a ser tomado en cuenta para el mayor aprovechamiento de la radiación solar.

El dimensionamiento del arreglo FV depende del tipo de uso que tenga el sistema solar FV, teniendo en cuenta ciertos aspectos de diseño, así como: la demanda eléctrica requerida, la potencia pico del sistema, características arquitectónicas del edificio, latitud y radiación solar media del lugar.

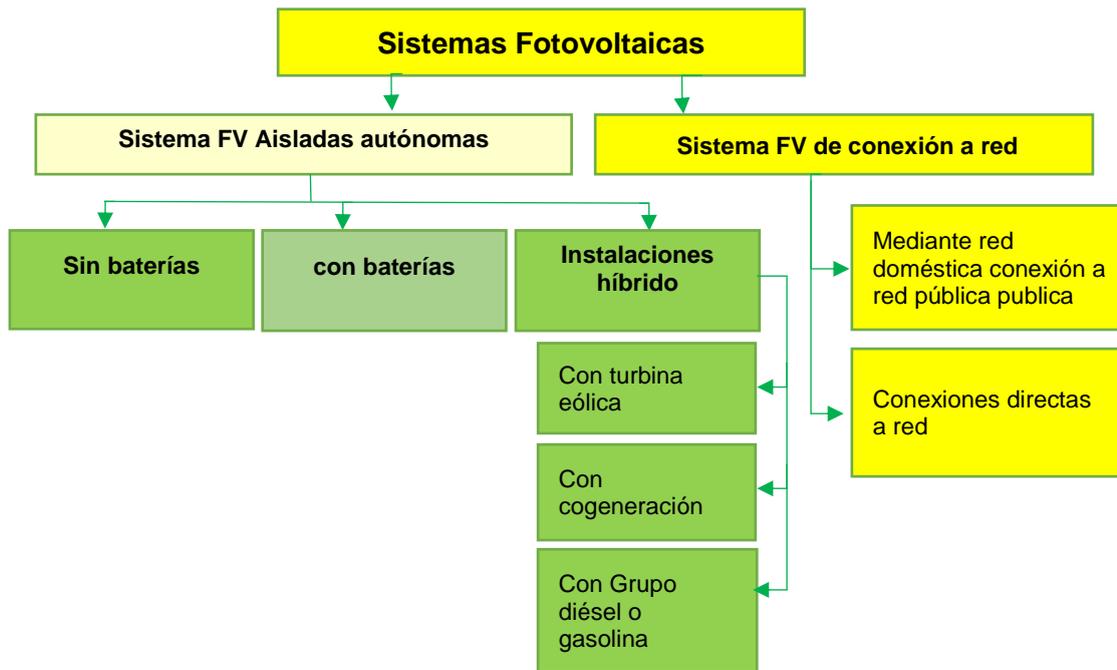
1.3.4.2. Método de balance energético

Fundado en el principio: **energía generada = energía consumida**

- a. Cálculo de la energía consumida por día.
- b. Selección de las horas solar pico (HPS) para la aplicación.
- c. Dimensionamiento del generador fotovoltaico: número de paneles y - su interconexión.

- d. Dimensionamiento del sistema de acumulación (baterías).
- e. Dimensionamiento del regulador de tensión.
- f. Dimensionamiento inversor de tensión.
- g. Dimensionamiento de conductores.

1.3.4.3. Clasificación del sistema Solar fotovoltaico



1.3.4.3.1. Sistema solar fotovoltaico autónomo (SSFVA)

Estos sistemas cuentan con la capacidad de producir electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, con el fin de proporcionar energía en el lugar que se encuentre ubicado. Lo constituye: uno o varios módulos fotovoltaicos, un regulador de voltaje, un inversor, un banco de baterías de ciclo profundo y los elementos de protección al circuito. En algunas ocasiones estos sistemas no necesitan de batería ya sea, por que funcionan solo en el día o por que optaron por una conexión híbrida.

Este sistema, si opta por un banco de baterías, para solventar los momentos en que el módulo no esté produciendo energía eléctrica. El banco de baterías irá en función del consumo, a mayor cantidad de horas de respaldo mayor costo. (Schallenberg Rodríguez, y otros, 2008).

El sistema aislado autónomo es aplicable en: viviendas, viviendas ubicadas en zonas alejadas de la red eléctrica, extracción de agua, alimentación de equipos telecomunicaciones, iluminación y señalización en lugares aislados, estaciones meteorológicas aisladas, etc.

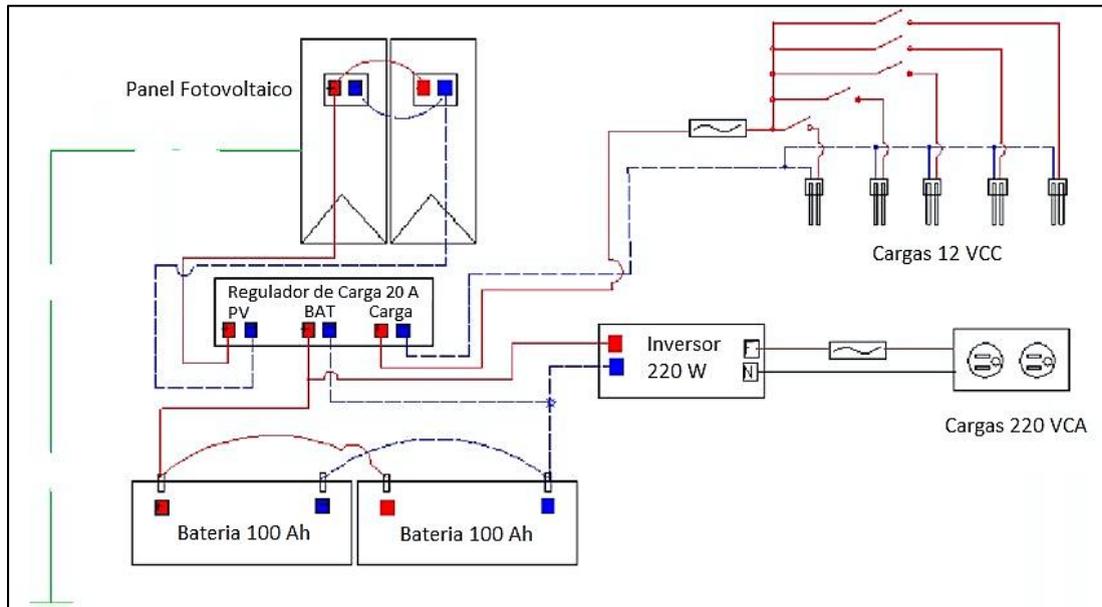


Ilustración 6. Sistema solar fotovoltaico autónomo (SSFVA)

1.3.4.3.2. Sistema solar fotovoltaico con conexión a red (SSFVCR)

Un SFCR su función es producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder ser inyectada en la red convencional. El cual se compone del generador fotovoltaico, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones eléctricas.

La energía generada por el SSFVCR puede ser consumida parcial o totalmente en por el sistema a la que fue destinada, y la energía no requerida será inyectada en la red para su distribución a otros lugares de consumo. Es común que existan mecanismos de retribución económica que compensan al propietario del sistema por la energía que su sistema intercambia con la red. Pueden distinguirse, de forma simplificada, dos esquemas: la retribución con prima (feed-in tariff) y el balance neto (net-metering). (Perpiñan Lamiguiro, 2018)

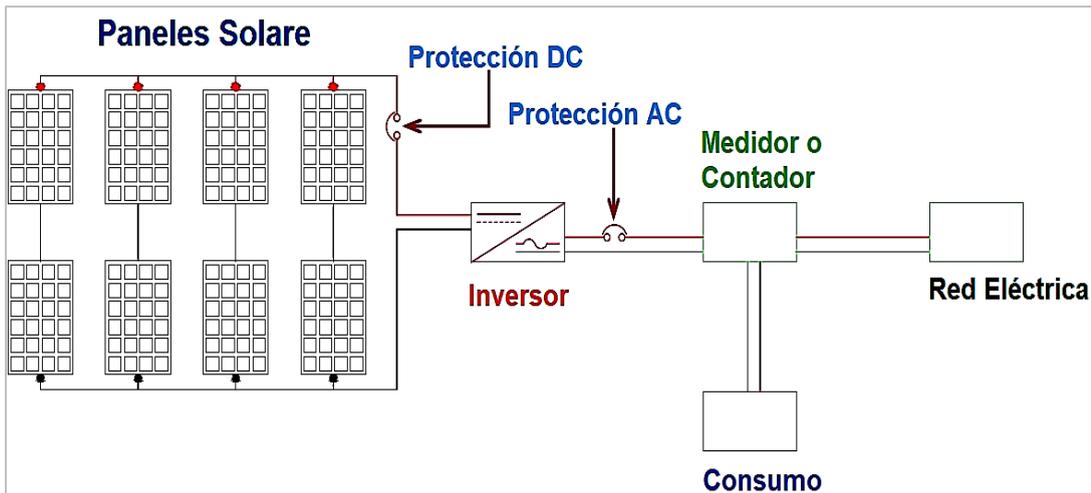


Ilustración 7. Sistema fotovoltaico conectado a la red

El SFVCR es aplicable en: centrales Fotovoltaica, Huertos solares, Edificios fotovoltaicos, Residencias (viviendas, departamentos, negocios, Empresas. públicas y privadas, así mismo, no se puede obviar la existencia de los múltiples beneficios que el autoconsumo con conexión a red aporta: creación de empleo calificado, reducción de gases de efecto invernadero, reducción de CO_2 , reduciendo de la dependencia energética. (UNEF, 2016)

1.3.4.4. Principio de funcionamiento del sistema solar fotovoltaico

El sistema SFV utiliza la energía solar, la que se convierte en energía eléctrica en un dispositivo semiconductor, que recibe el nombre de Panel Fotovoltaico. La radiación recibida del sol activa los átomos de las células fotovoltaicas del panel o módulo fotovoltaico, produciéndose un ordenamiento de estos: en cargas positivas y carga negativa, conectadas a dos bornes principales.

La tensión obtenida en los módulos fotovoltaicos, diferente a los 12 V de las baterías, en función de la carga solar que se tiene en los módulos, es regulada hasta 12 V con ayuda de un dispositivo electrónico, el cual alimenta al conjunto de acumuladores, luego pasa al convertidor de tensión, que produce la conversión de tensión continua en tensión alterna monofásica, con la frecuencia adecuada, de 220 V, la que, finalmente es aprovechada por los diversos consumidores.

1.3.4.5. Descripción de los componentes del sistema solar fotovoltaico

1.3.4.5.1. Módulo solar fotovoltaico

Es el conjunto o agrupación de células fotovoltaicas a las que se cuida específicamente de la intemperie y se aísla eléctricamente del exterior, dando rigidez mecánica al grupo de células conectadas eléctricamente en serie y paralelo, de esta manera la tensión y la corriente del módulo se ajusten a un valor deseado. (Perpiñan Lamiguiro, 2018). Este proporciona en la salida de su conexión, una tensión continua que es diseñada para valores concretos de tensión de: 6v, 12v, 24v. Que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

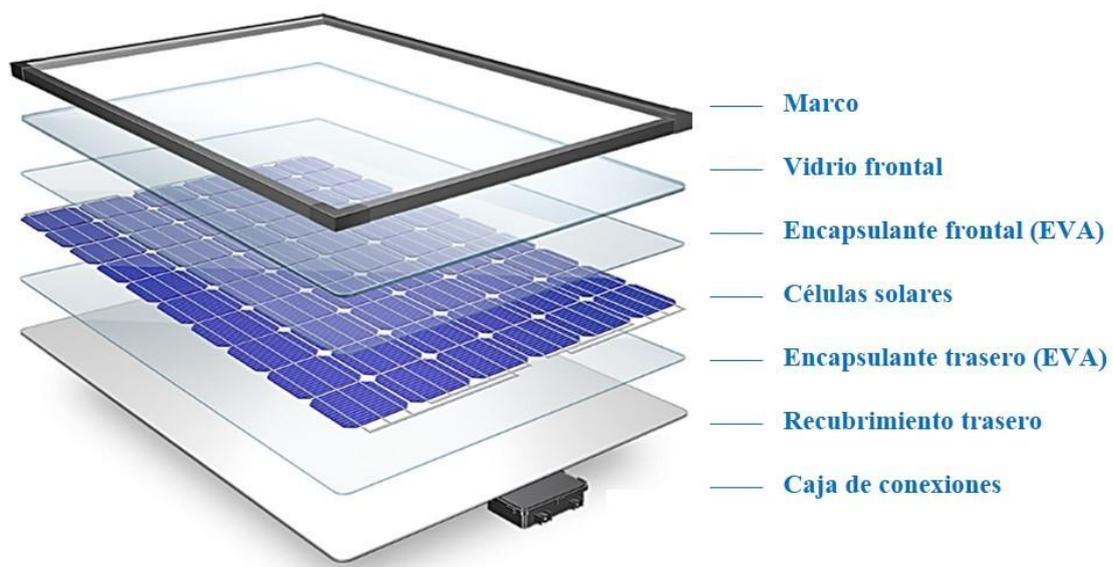


Ilustración 8. Componentes del módulo fotovoltaico

1.3.4.5.1.1. Componente o partes del módulo solar fotovoltaico

a) Marco

Habitualmente de aluminio u otros metales, soporta la estructura.

b) Cubierta de vidrio

Sirviendo de protección a las células solares ante los fenómenos naturales. Al ser un vidrio templado y anti reflectante ayuda a reducir el reflejo, permitiendo ingresar una mayor cantidad de luz a la célula solar, la cual se traduce en una mayor conversión de potencia.

c) Encapsulado

Es la protección directa a la célula solar y conexiones dentro del módulo, realizado por el Etil Vinil Acetato (EVA) que tiene como función: aislar, hermetizado y absorbe las vibraciones ocasionadas por agente externos.

d) Célula Fotoeléctrica

Dispositivo electrónico que se encarga de conversión de energía luminosa (fotones) emitida por el sol en energía eléctrica.

e) Caja de Conexiones

Ubicada en detrás del panel solar, donde alojan los terminales con sus respectivos signos de conexión y los diodos baipás

- Diodos baipás

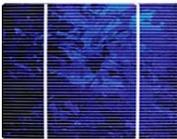
Los diodos de protección que van instalados en la caja de conexión tienen como objetivo el evitar los efectos que se producen por los puntos calientes y sombreados, que afectar el rendimiento de los módulos. Cumpliendo las siguientes funciones:

- Impide que el banco de baterías del sistema solar fotovoltaico se descargue por los paneles.
- Evita que retorne el flujo de corriente entre bloques interconectados en paralelo cuando en algún de ellos se produce una sombra.
- Protege a cada panel por separado de posibles daños ocasionados por sombras parciales que se produzcan por circunstancias especiales.

1.3.4.5.1.2. Tipos de módulos solares fotovoltaicos

Los módulos en función del tipo de célula que más conocidas son, en el mercado mundial, por sus propiedades y costo, son las cristalinas, que se muestra en la tabla 5:

Tabla 5. Comparación de las tecnologías de silicio aplicadas a los paneles fotovoltaicos.

<i>Tipo de módulo FV</i>	<i>Silicio</i>	<i>Rendimiento laboratorio</i>	<i>Rendimiento directo</i>	<i>Características</i>	<i>Fabricación</i>
	Monocrystalino	24%	15 – 18%	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtienen del silicio puro fundido con boro
	Policristalino	19 – 20%	12 -14%	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules	Igual que el monocrystalino, pero se disminuye el número de cristalización.
	Amorfa	16%	10%	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico

Fuente 5: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V (DGS)

Otras tecnologías de lámina delgada son:

- **Teluro de cadmio:** Rinde en laboratorio 16% y en paneles comerciales 8%.
- **Arseniuro de Galio:** es uno de los materiales más eficientes, alcanza un 25,7% de rendimiento en laboratorio y 20% en paneles comerciales.
- **Diseleniuro de cobre en indio:** rinde en laboratorio cerca del 17% y en los módulos comerciales el 9%.
- **Paneles Tándem:** Combinan dos tipos de materiales semiconductores distintos. Así cada material, trabaja en una parte del espectro electromagnético de la radiación solar y con la utilización de dos o tres tipos de materiales se pueden aprovechar desde la radiación ultravioleta a las ondas visibles e infrarrojas del espectro. Con este tipo de paneles se ha alcanzado rendimientos del 35% y en teoría, con la unión de tres se podría alcanzar un 50% de rendimiento. (Pérez Garrido, 2009)

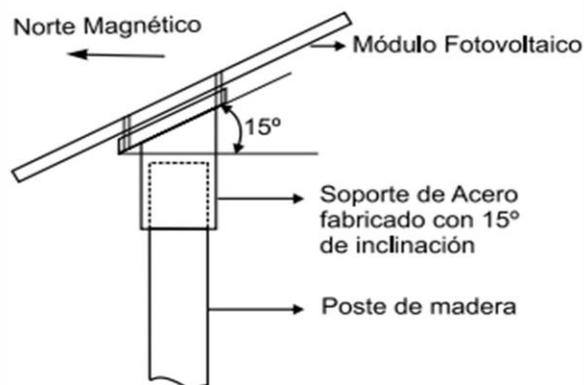
1.3.4.5.1.3. Orientación de los módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deben orientarse siempre en dirección al ecuador, por esta razón los módulos FV del hemisferio norte, que lo forman Norteamérica, el Ártico, parte de África y Asia este orientados al sur y las regiones de Sudamérica, el sur de África, Australia y Oceanía, que constituyen el hemisferio sur se orienten al norte.

La óptima inclinación de los módulos fotovoltaicos está en manos de:

- La latitud de la zona donde se instala.
- La tipología, se regirá según sea el tipo de instalación; con conexión a la red eléctrica o aislada de la red eléctrica.

En un sistema FV es posible obtener su máxima producción anual en kwh, inclinado los módulos FV entre más menos 5° y 10° de la latitud óptima, dejando de generar $\pm 0.08\%$ por cada grado de desviación respecto a la inclinación óptima. (Schallenberg Rodríguez, y otros, 2008). La inclinación adicional se da para asegurarse el flujo de agua y la acumulación de polvo.



$$\text{Inclinación} = \text{Latitud} + 5 \text{ ó } 10 \text{ grados}$$

Ilustración 9. Orientación de módulo FV

Para este proyecto de investigación se usará como dato de ubicación la estación experimental Baños del Inca ubicado en la misma ciudad (inia, 2017), como se muestra en la tabla 6. Así mismo se corroborar la radiación solar promedio tanto de la página oficial de nasa como, los datos de atlas solar de Perú para la zona, con ayuda de un estudio propio, para la cual, se usará el método de Angstrom- Prescott.

Tabla 6. Ubicación de la estación experimental Baños del Inca.

Estación experimental Baños del Inca	
Provincia	Cajamarca
Distrito	Baños del Inca
Latitud Sur	07°09'56"
Longitud Oeste	78°27'07"
Altura	2.667 msnm
Temperatura	6-21°C
Radiación solar promedio anual	4.47 $Kwh/m^2 * día$ (SENAMHI, 2003).

. Instituto nacional de innovación agraria (inía)

Los datos de la radiación solar por mes se han obtenido de la web; “La meteorología de superficie y la energía solar”. *Un sitio web de recursos energéticos renovables* (versión 6.0), patrocinado por la NASA's Ciencias de la Tierra Programa. (John M. Kusterer, 2017), que se muestran en la tabla 7. Extraído de anexo 3.

Tabla 7: NASA Meteorología de superficie y energía solar: Distrito de Baños del Inca, Cajamarca

 Nasa Meteorología de la superficie y energía solar: datos RESTgreen 		
Baños del Inca, Cajamarca, Cajamarca, Cajamarca		
Latitud	Unidad	Ubicación de datos climatológicos
Longitud	NORTE	-7.164
	MI	-789.465
Meses	Radiación solar diaria - horizontal	
	$kwh/m^2 * día$	
Enero	5.54	
Febrero	5.30	
Marzo	5.62	
Abril	5.40	
Mayo	5.28	
Junio	5.16	
Julio	5.33	
Agosto	5.72	
Septiembre	6.04	
Octubre	6.18	
Diciembre	6.35	
Noviembre	6.00	
Promedio anual	5.66	

Fuente 6: **Surface meteorology and Solar Energy** - A renewable energy resource web site (release 6.0) - sponsored by NASA's Earth Science Enterprise Program

1.3.4.5.1.4. Características eléctricas del panel o módulo solar fotovoltaico

Los datos básicos de un módulo solar deben siempre medirse condiciones adecuadas de trabajo, o según las normas del STC (Condición Estándar de Medida o STC, por sus siglas en inglés, Standard Test Conditions) (SunFields, 2015), que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8 Características de la célula del módulo solar FV, según, condiciones estándares de medida (STC)

Standard Test Conditions (STC)	
Características de la célula del módulo fotovoltaico	
Radiación	1000 $Kwh/m^2 * día$
Distribución espectral	AM1.5G
Incidencia	Normal
Temperatura de célula	25° C (no temperatura ambiente).

. SunFields

Los datos eléctricos que definen al módulo solar fotovoltaico son:

- Intensidad de cortocircuito (I_{SC}): es la máxima intensidad que se consigue de un panel o módulo fotovoltaico. Se calcula midiendo la corriente entre los bornes del panel cuando se provoca un cortocircuito (tensión de salida de 0 voltios). (Sánchez & Bernie, 2012).
- Tensión nominal (V_n): es la tensión que no debe superar el panel o módulo Fotovoltaico cuando su funcionamiento es normal. Por ejemplo: 12, 24, 36 y 48 voltios.
- Potencia máxima (P_m): es la medida máxima de potencia que se obtiene, del producto de la corriente por la tensión de salida del panel o módulo fotovoltaico. También se denomina potencia de pico del panel (P_{pmp}).
- Tensión máxima (V_m), corresponde el valor de tensión a la potencia máxima. En algunos casos se indica como V_{pmp} de potencia máxima).
- Corriente máxima (I_m), corresponde el valor de corriente a la potencia máxima. En algunos casos se indica como I_{pmp} .
- Eficiencia y rendimiento (η): es el cociente entre la potencia máxima que el panel puede entregar y la potencia de la radiación solar incidente.

En la figura 11. Se muestran los parámetros fundamentales de un módulo solar fotovoltaico en la curva “voltaje (V)-corriente (I)”, como corriente de corto circuito (I_{SC}), potencia máxima (P_m), tensión máxima o tensión en el punto máximo de potencia (V_{pmp}), tensión a circuito abierto (V_{oc}), de un módulo y como varían la irradiancia con respecto a la temperatura en condiciones estándar de medida (25°C) para la primera curva.

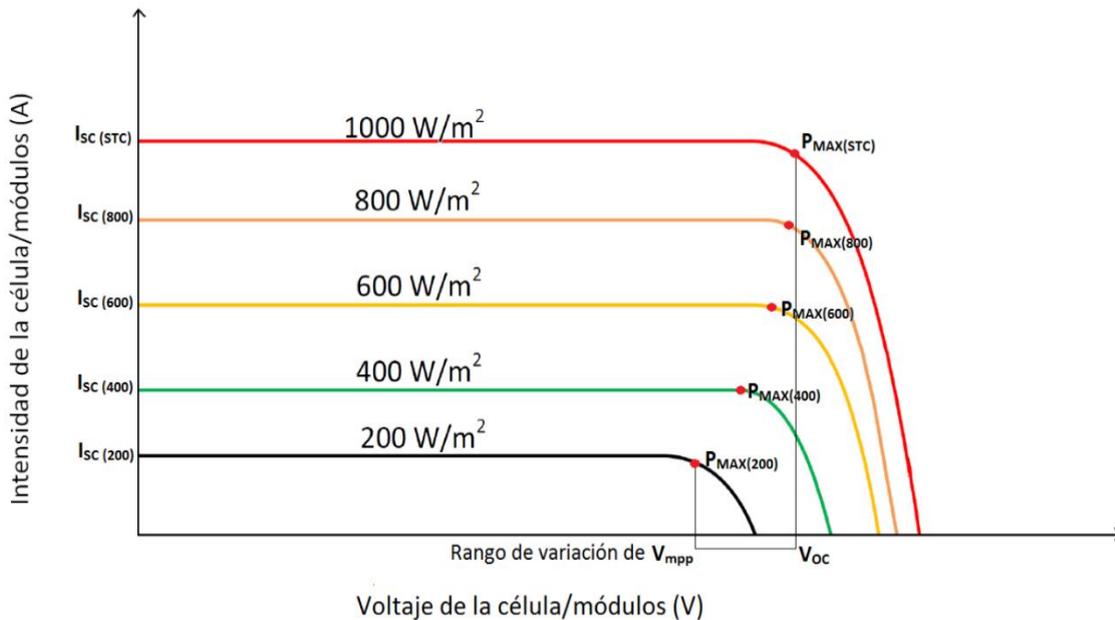


Ilustración 10 Curva I-V, para diferentes radiaciones y temperaturas.

1.3.4.5.1.5. Parámetros del módulo Fotovoltaico

- Irradiación Solar media, (Φ), Es la cantidad de potencia térmica incidente por cada metro cuadrado de superficie receptora.
- Tiempo medio de Irradiación solar. (t_{po}): 4 a 6 h/día
- Superficie del panel solar PV(S) (m²)
- Rendimiento del Panel PV ($\eta_{PF} = 0.80$ a 0.85), depende de la temperatura de la superficie y de la velocidad del viento.
- Energía eléctrica (EE) transformada (Obtenida) en Panel PV.

1.3.5. Determinación de las horas pico sol (HPS)

La hora solar pico (HSP), es la unida que mide la irradiación solar y se definirla como el tiempo (en horas) de una hipotética irradiancia solar constante de 1.000 W/m². (Prat Viñas)

1.3.5.1. Estrategias para determinar el uso de las HPS:

- HPS media del peor mes. Disminuye el tamaño del banco de baterías, pero usa más paneles que los realmente necesarios (Prat Viñas).
- HPS media del año. Reduce el número de módulos y aumenta el tamaño del banco de baterías (Prat Viñas).

- Estrategia peor mes.

Para ellos se determinará la inclinación óptima y HPS:

1. Obtener datos de radiación global diaria (kWh/m²). para el lugar que se desarrollara el proyecto.
2. Determinar el mes con menor radiación global promedio, conocido como mes crítico cuando se diseña un sistema solar fotovoltaico.
3. Se determina el grado de inclinación óptimo para el generador fotovoltaico.
4. Se estima la demanda máxima diaria (EE_{Td} y EE_{Rd}) en kW.h, para cada mes.

- Estrategia media anual.

Para ello se determinará la inclinación óptima y HPS:

1. La ubicación de la instalación de cada mes y de diferentes inclinaciones.
2. Cálculo de la irradiación anual total para diferentes inclinaciones.
3. Se escoge la inclinación que proporciona, una irradiación total anual mayor.
4. Calcular el HPS promedio diario dividiendo la irradiación anual por 365 días.

1.3.6. Procedimiento de cálculo de un sistema solar FV autónomo.

El método de balance energético parte de la igualdad entre energía consumida por día y energía generada por día:

1.3.6.1. Estimación de demanda de energía eléctrica.

La demanda de un edificio multifamiliar es relativamente variable, entre un usuario y otro, no está definido por el tamaño, cantidad de habitantes si no por sus hábitos, por ello, el presente proyecto, usar la demanda máxima.

a. Energía eléctrica teórica diaria (KWh/día)

Es la energía eléctrica que demanda el usuario o los usuarios del sistema solar fotovoltaico.

$$EE_{t.d.} = \sum P_{(CD)i} * t_{di} + \sum P_{(AC)i} * t_{di} \quad (11)$$

Siendo:

$P_{(CD)i}$ Potencia nominal del equipo con CD (KW)

t_{di} tiempo diario de uso (h/día)

$P_{(AC)i}$ Potencia nominal del equipo con AC, (KW).

En este proyecto se estimará la $EE_{t.d.}$, sustituyendo la sumatoria de la formula por la sumatoria, de la propiedad de mayor consumo de energía eléctrica multiplicado por la cantidad de departamento, más sus áreas compartidas más otros.

b. Rendimiento global de la instalación ($R_{G.I}$).

En los cálculos se deben considerar los coeficientes de cada dispositivo del sistema hasta llegar a la energía útil definitiva (a la entrada a la carga).

$$R_{G.I} = (1 - K_{bat} - K_{conv} - K_{cond} - K_{Reg}) * (1 - K_{aut.bat} * N / P_{des}) \quad (12)$$

Siendo:

K_{bat} Coeficiente de pérdidas en batería

$K_{aut.bat}$ Coeficiente autodescarga batería

P_{des} Profundidad de descarga batería

K_{conv} Coeficiente perdidas conversión DC/AC

K_{cond}	Coeficiente de pérdidas cableado
N	Autonomía del sistema

c. Energía eléctrica real diaria ($EE_{r.d.}$)

Es la energía que necesita el sistema para cubrir la demanda de los usuarios del sistema solar fotovoltaico.

$$EE_{r.d.} = \frac{EE_{t.d.}}{R_{G.I}} \quad (13)$$

Siendo:

$EE_{r.d.}$	Energía real diaria (KWh/día)
$EE_{t.d.}$	Energía teórica diaria (K Wh/día)
$R_{G.I}$	Rendimiento global de instalación

1.3.6.2. Procedimiento para, dimensionamiento de los módulos solares fotovoltaicos.

a. Superficie de generador fotovoltaico ($S_{G.Fv}$)

Es necesario, realiza el cálculo de la $S_{G.Fv}$ con la finalidad de conocer el área real que ocupan las células del generador fotovoltaico (puede estar constituido por uno a más módulos o paneles Fv), en función a su eficiencia($\eta_{G.Fv}$).

$$S_{G.Fv} = \frac{EE_{rd}}{t_{G.Fv} * R_s * \eta_{G.Fv}} \quad (14)$$

Siendo:

$S_{G.Fv}$	Superficie de generador fotovoltaico (m^2)
EE_{rd}	Energía real diaria ($Wh/día$)
$t_{G.Fv}$	Horas de luz solar, útiles para el generador (horas)
$\eta_{G.Fv}$	Eficiencia del generador fotovoltaico (18%)

b. Potencia real diaria ($P_{rd-G.fv}$).

Para estimar la $P_{rd-G.fv}$ será necesario conocer la $S_{G.Fv}$. El cálculo de la $S_{P.Fv}$, se usa para conocer la potencia del mes critico o cualquier mes, cuando se, realiza un proyecto en base a la energía consumida.

$$P_{rd-G.fv} = R_s * S_{G.Fv} * \eta_{G.Fv} \quad (15)$$

Siendo:

$P_{rd-G.fv}$ Potencia real diaria del generador fotovoltaico

c. Número total de módulos por balance energético

$$N_T = \frac{EE_{t.d.}}{HPS * P_{mpp} * R_G} \quad (16)$$

$$N_T = \frac{S_{G.Fv}}{P_{mpp}}$$

(17)

Siendo:

N_T Número total de módulos fotovoltaicos.

$EE_{t.d.}$ Energía eléctrica teórica diaria.

$S_{G.Fv}$ Superficie de generador fotovoltaico (m^2)

$HPS = G_d(\beta) = G_m \beta$ radiación global en plano con un ángulo (β).

P_{mpp} Potencia pico del panel fotovoltaico (Wp)

R_G Factor global de perdidas = 0.65...0.9

d. Cálculo del número de módulos en serie (N_s)

$$N_s = \frac{V_{sist.}}{V_p}$$

(18)

Siendo:

$V_{sist.}$ Tensión nominal del sistema solar fotovoltaico (v)

V_{mpp} Tensión nominal del panel fotovoltaico (v)

e. Cálculo del número de módulos en paralelo

$$N_p = \frac{N_T}{N_s}$$

(19)

Siendo:

Los valores de N_T , N_s y N_p se redondean por excesos.

1.3.6.2.1. Regulador de tensión

Dispositivo encargado, de regular el ciclo de carga y descarga del banco de baterías de ciclo profundo, protegiéndola de sobrecargas o descargas excesivas, para alargar la vida útil de una batería.

El regulador protege la batería, cerrando de forma automática el flujo de corriente eléctrica del generador a la batería de modo que no ay ingreso ni salida de energía

1.3.6.2.2. Dimensionamiento del regulador de tensión

La máxima corriente que debe ser capaz de soportar el regulador en funcionamiento estará definida por; la corriente que generada el generador fotovoltaico o por la corriente consumida por las cargas; porque la intensidad más alta será igual a la corriente máxima que soportará el regulador de tensión, que debe calcularse para determinar la capacidad del regulador de tensión. Para ello se utilizarán las ecuaciones

$$V_{mpp\ sist.} = V_{mpp} * N_s \quad (20)$$

$$I_{mpp\ sist.} = I_{mpp} * N_p \quad (21)$$

$$P_{mpp\ sit.} = P_{mpp} * N_p \quad (22)$$

Siendo:

$V_{mpp\ sist.}$ Tensión del sistema solar fotovoltaico.

$I_{mpp\ sist.}$ Intensidad total o corriente del sistema solar fotovoltaico.

$P_{mpp\ sit.}$ Potencia nominal del sistema solar fotovoltaico.

1.3.6.2.3. Acumulador o batería

La batería es un dispositivo capaz de trasforma la energía eléctrica en energía química o viceversa. En las instalaciones fotovoltaicas cumple la función de:



1.3.6.2.3.1. Dimensionamiento del banco de baterías.

Se consideran los siguientes parámetros:

Mínima energía que debe suministrar la batería, a las cargas ΔE (W h), a determinar según especificaciones de la instalación y considerando:

- **Días de autonomía D:** número de días consecutivos en ausencia de sol, que el banco de baterías debe poder suministrar energía al sistema (Prat Viñas).

$$\Delta E_{aut} = D \times EE_{r.d.} \quad (23)$$

- **Déficit estacional:** para atender al déficit entre la energía consumida y la energía generada, durante un determinado período de tiempo: $\Delta E_{def} = (EE_{r.d.} - E_G)$ periodo, condición importante para la estrategia de media anual.
- **Máxima profundidad descarga P_d** (usualmente para baterías de plomo Ácido $P_d = 0.7$)
- **Capacidad del sistema de acumulación C_n (Ah)** (baterías):

$$C_n(Ah) = \frac{\Delta E_{aut}}{V_{bat} * P_d} \quad (24)$$

- **Número de batería ($n^{\circ}_{bat.}$).** (Ecuación 25)

$$n^{\circ}_{bat.} \geq \frac{V_{SSFV}}{V_{bat}} \quad (25)$$

- **Número de baterías en paralelo**

$$N_{Bat.P} \geq \frac{C_{100}}{C_n} \quad (26)$$

- **Vida útil de baterías**

La vida útil de la batería o el banco de baterías está sujeta al número de descarga que tenga al año, mes, semana o día. Se calcula usando la ecuación:

$$Vida\ util\ de\ la\ bat. = \frac{n^{\circ}\ de\ ciclos\ de\ la\ bat.}{n^{\circ}\ de\ descargas} \quad (27)$$

1.3.6.2.4. Inversor AC/DC

El inversor o equipo de acondicionamiento de potencia, realiza la conversión de energía continua (12, 24, 36,48 vol.) a energía alterna (220, 230, 240... vol.) cumpliendo con determinados requisitos de tensión eficaz, frecuencia (50, 60Hz), distorsión armónica de las ondas de tensión y corriente, eficiencia de rendimiento y seguridad eléctrica, etc. (Perpiñan Lamiguiro, 2018). Así mismo es el elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a la red, que estarán presente en las

instalaciones autómatas destinadas a producir corriente eléctrica para una vivienda, que se instala entre generador FV y el punto de conexión a red.

1.3.6.2.4.1. Dimensionamiento del inversor AC/DC

Los parámetros que determinar la seleccionar del inversor son:

- Potencia **nominal** (kW): ligeramente superior a P_{AC} (no conviene sobredimensionarlo para conseguir que trabaje en la potencia que presenta mayor eficiencia).
- Tensión **nominal de entrada** (V): será la del sistema de acumulación, pero estableciendo un cierto margen ya que la tensión de las baterías varía
- Tensión **nominal de salida** (V_{ef})
- Frecuencia de operación (Hz)
- Eficiencia **del inversor o rendimiento energético** (η_{inv})
Relación expresada en tanto por ciento, entre las potencias presentes a la salida y a la entra del inversor. Su valor depende de las condiciones de carga de este, es decir de la potencia total de los aparatos de consumos alimentados por el inversor en relación con su potencia nominal. (SunFields Europe, 2016).

1.3.6.2.5. Cuadro de protección y contador

- Cuadro de protección de **CA**.
El cuadro de protección como su propio nombre lo dice esta, constituido con mecanismos de seguridad contra sobretensiones y disyuntores, ítems usualmente disponibles en las instalaciones eléctricas de baja tensión.

Sin la cantidad de módulos FV es pequeña, pueden conectarse directamente al inversor o agrupados en cajas de cadenas (conjuntos de módulos conectados en serie). Además de los fusibles de protección y seccionadores, las cajas de cadenas pueden incorporar un dispositivo de protección contra sobretensiones de corriente continua. (Juárez Guerra & Juárez Guerra, 2013).

- Contador **FV**.

Es quien cuantifica la cantidad de energía que produce el sistema FV enviada a la red eléctrica, en Kwh y que puede ser vendida a la empresa que suministra energía eléctrica a los precios autorizados por el estado (Cámara de Madrid, 2004). Si el sistema SSFV, fuera un sistema on grid.

1.3.7. Conductores

1.3.7.1. Dimensionamiento de los conductores

Se debe de calcular la sección de los cables por el alto nivel de corriente continua que fluye por el sistema, que puede producir pérdidas significativas de energía por efecto Joule.

$$S = \frac{2 * L_{cond} * I_{cond.}}{K * \Delta V} \quad (28)$$

Siendo:

L_{cond} Longitud del conductor en el sistema (m)

S Sección transversal del conductor (mm^2)

$I_{cond.}$ Corriente que atravesará el conductor (Amp.)

ΔV Caída de tensión admisible

ρ_{cond} Resistividad eléctrica del material del conductor ($\frac{\Omega * mm^2}{m}$)

1.3.8. Estudio para el cálculo y selección de un pararrayos

Para el cálculo selección de un pararrayos, es importante conocer el proceso de evolución del índice del riesgo de rayos.

1.3.8.1. El rayo

El rayo es una descarga, de energía eléctrica que impacta en la tierra durante una tormenta eléctrica, causada por la polarización que se genera por las moléculas de H_2O de una nube que a su vez produce un pulso electromagnético. La descarga eléctrica precipitada del rayo viene acompañado de un relámpago(emisión de luz), ocasionada por el paso de corriente eléctrica, que ioniza las moléculas de aire, y por el sonido del trueno, desarrollado por la onda de choque. (Wiki`pedia, s.f.)

1.3.8.2. Proceso de evaluación del índice del riesgo de rayos

Este proceso nos permite; calcular, conocer y seleccionar un pararrayo, si el edificio lo requiere.

- Número de Descargas Atmosféricas a Tierra (N_g)

Es el número de descargas al suelo, proporcional a los niveles Ceraúnico de la localidad objeto o lugar a evaluar. Una de las ecuaciones más comúnmente utilizadas para determinar la cantidad de rayos que inciden en la tierra, es el proyecto propuesto por Anderson y Eriksson, en 1980, que da como resultado la siguiente. Ecuación:

$$N_g = 0.04 * Td^{1.25} \quad (29)$$

Siendo:

N_g Número total de descarga atmosféricas a tierra (descarga/ km²-año)

Td Nivel Ceraúnico (días de tormenta al año). (ver tabla 9)

La tabla 9: Muestra el Niveles Isoceraúnicos, que destacan en las zonas ecológicas de habitat natural del territorio, de Perú, Un dato importante para conocer la cantidad de descargas atmosféricas a tierra que ocurren por km² en el lugar a ejecutar el proyecto. Mapa Isoceraúnico ver anexo 13.

Tabla 9: Niveles Isoceraúnicos de zonas ecológicas de habitat natural del Perú

Zonas ecológicas	"m s. n. m."	Td
Sierra de Baja altitud hacia el litoral o pie de monte	hasta 2000 m	20
Sierra de Media altitud	2000 – 3500 m	40
Sierra de Gran altitud	3500 m – más	50
Microclimas de Alta Cota e Interandinos	-	De 40 - 70
Zona Yunga, Valles Altos	1000 – 2000 m	60
Selva Baja o Plana	Hasta 800 m	120
Selva Alta o Accidentada	800 – 1500 m	80
Costa Norte Ecuatorial	hasta 1000 m	15
Costa Centro - Sur	hasta 1000 m	0

Fuente 7: (Molina Castañeda, 2004)

- Superficie de captura equivalente del edificio aislado en m^2 ($A_{eq.}$)

Se define como el área de tierra que tiene la misma posibilidad anual de un relámpago directo, que un edificio. Que viene a ser delimitada por una línea trazada a una distancia $3H$ de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro considerado. El $A_{eq.}$ se calcula de acuerdo con el tipo de estructura:

- Estructuras rectangulares:

$$A_{eq.} = LW + 6H(L + W) + 9\pi H^2 \quad (30)$$

Siendo: Largo (L), ancho (W) y altura (H)

- Estructuras con partes prominentes:

$$A_{eq.} = 9\pi H^2 \quad (31)$$

- Frecuencia esperada de impacto (N_e).

El N_e se mide en [nº de impactos/año] y se determina, usando la siguiente ecuación:

$$N_e = N_{g_{max}} * A_{eq.} * C_1 * 10^{-6} \quad (32)$$

Siendo:

$$N_{g_{max}} = \frac{Td}{10} \quad (33)$$

Siendo:

C_1 Coeficiente relacionado con el entorno, ver tabla 9

$N_{g_{max}}$ Número total de descarga atmosféricas máximas a tierra (descarga/
km²-año)

- El riesgo admisible (N_a)

Los valores de N_a se obtiene a través del análisis de riesgo de daño, tomando en cuenta los coeficientes. Siendo la ecuación que permite su estimación:

$$N_a = 5.5 * \frac{10^{-3}}{C_2 * C_3 * C_4 * C_5} \quad [n^\circ \text{ de impactos/año}] \quad (34)$$

Siendo:

- C_2 Coeficiente en función del tipo de construcción, Tabla 10;
- C_3 Coeficiente en función del contenido del edificio, Tabla 10;
- C_4 Coeficiente en función del uso del edificio, Tabla 10;
- C_5 Coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio, Tabla 10

Tabla 10 coeficiente C_1, C_2, C_3, C_4, C_5

Situación del edificio, C_1			
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos			0.25
Rodeada de edificios bajos			0.5
Estructuras aisladas: no hay otras estructuras en una distancia menor de 3H			1
Estructura aislada en la cumbre de una colina o promontorio			2
Coeficiente en función del tipo de construcción, C_2			
Techo	Materia	Común	Inflamable
Estructura de Metal	0.5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2.5
Estructura de madera	2	2.5	3
Contenido de estructura, C_3			
Sin valor y no inflamable			0.5
Valor común o normalmente inflamable			1
Alto valor o particularmente inflamable			2
Valor excepcional, irremplazable o altamente inflamable, explosivo			3
Ocupación de estructura, C_4			
Desocupada			0.5
Normalmente ocupada			1
Evacuación dificultosa o riesgo de pánico			3
Coeficiente de consecuencias de la caída de un rayo, C_5			
Continuidad de servicio no requerido y ninguna consecuencia en el ambiente			1
Continuidad de servicio requerido y ninguna consecuencia en el ambiente			5
Consecuencias en el ambiente			10

Fuente 8: (Molina Castañeda, 2004)

- Evaluación de la necesidad de protección contra el rayo.

Para concluir si un sistema de protección contra rayos es requerido, es necesario conocer el nivel de protección que deberá de ser usado, en un edificio, se hace uso de la comparación de resultado de N_e y N_a ,

- a. Si $N_e < N_a$ Entonces el sistema de protección contra rayos no es requerimiento obligatorio.
- b. Si, $N_e > N_a$ Será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo, es decir; cuando la frecuencia esperada de impactos N_e sea mayor que el riesgo admisible N_a .

1.3.8.3. Selección de pararrayos

Para la selección de un pararrayos, se debe conocer el nivel de Protección y el radio de protección:

- Nivel de Protección (Grado de seguridad)

Conforme a lo establecido en los apuntes anteriores (**a** y **b**), sea necesario disponer una instalación de protección contra el rayo, ésta tendrá la eficiencia (**E**) que determina la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} \quad (35)$$

La tabla 11 & 12. Indica el nivel de protección correspondiente a la eficiencia requerida y las características del sistema en cada nivel de protección

Tabla 11: Nivel de protección según CTE

Eficiencia requerida E	Nivel de protección	
$E \geq 0.98$	Nivel 1	Seguridad máxima
$0.95 \leq E \leq 0.98$	Nivel 2	Seguridad alta
$0.80 \leq E \leq 0.95$	Nivel 3	Seguridad media
$0 \leq E \leq 0.80$	Nivel 4	Seguridad estándar

Fuente 9 (CIRPROTEC)

Tabla 12: Nivel de Protección según UNE 21186* / NFC 17-102

Eficiencia requerida E	Nivel de protección	
$E \geq 0.98$	Nivel I	Seguridad máxima
$0.95 \leq E \leq 0.98$	Nivel II	Seguridad alta
$0.80 \leq E \leq 0.95$	Nivel III	Seguridad media
$0 \leq E \leq 0.80$	Nivel IV	Seguridad estándar

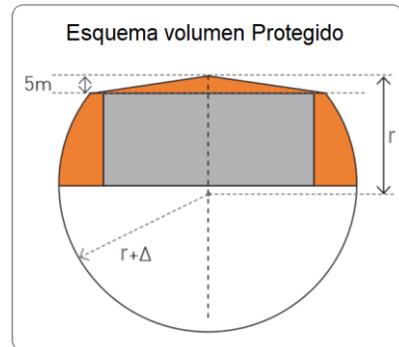
Fuente 10: (CIRPROTEC)

La UNE 21186 establece niveles de protección máxima I+ (E=99%) y I++ (E=99,9%) añadiendo medidas complementarias

- Radio de protección, en función de la corriente del rayo.

La zona protegida por un pararrayos con dispositivo de cebado se calcula siguiendo el esquema de la ilustración siguiente

- Bajo el plano horizontal situado 5 m por debajo de la punta, el volumen protegido es el de una esfera cuyo centro se sitúa en la vertical de la punta a una distancia r y cuyo radio de protección, se puede definir por la ec. 33, o por la ec. 34.



$$R_p = r + \Delta \quad (36)$$

$$\text{Si } \geq 5 \text{ m} \quad R_p = \sqrt{[(2 * r * h) - h^2] + [\Delta * (2 * r * \Delta)]} \quad (37)$$

Para calcular la protección de un pararrayos, se necesita conocer las variables que intervienen en su ecuación. Siendo:

- R_p Radio de protección resultante. (m), define la zona protegida
- ΔL distancia en metros (m) en función del tiempo del avance en el cebado Δt del pararrayos en μs (microsegundos)
- r El radio de la esfera ficticia. Valor predeterminado por norma según el nivel de protección aplicable (Ver tabla 13).
- h La altura desde la punta del PDC hasta el punto en donde queremos calcular el radio de protección.
- Δ Avance de cebado del pararrayos considerado (ΔT) expresado en metros.

Se adoptará

- $\Delta t = \Delta$ para valores de Δt inferiores o iguales a 60 μs , y $\Delta = 60$ m para valores de Δt superiores.

Tabla 13 Radio de la esfera ficticia r en función del nivel de protección.

Nivel de Protección	1	2	3	4
Radio esfera ficticia (r)	20	30	45	60

Fuente 11 (CIRPROTEC)

1.3.9. Puesta a tierra

La puesta a tierra es un dispositivo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas y consiste en conducir, eventuales desvíos de la corriente hacia la tierra, con el objetivo de asegurar la seguridad de las personas ante contactos directos, impidiendo que el usuario entre en contacto con la energía eléctrica. (Medina, 2016)

Al poner en funcionamiento una instalación de puesta a tierra se debe tomar en cuenta dos elementos fundamentales como es la tierra (superficie que puede disipar la energía eléctrica que recibe) o el terreno donde se va a disipar las sobrecargas de energía y la puesta a tierra. Esta conexión se compone de electrodos o jabalinas, los bornes de puesta tierra y los conductores de protección. Así mismo, los sistemas de puesta a tierra son arreglos de conductores y electrodos, con frecuencia de cobre interconectadas con soldadura exotérmica, que van enterradas a una profundidad necesaria sobre el terreno natural, con la finalidad de trasportar las corrientes de fallas del sistema eléctrico a tierra. Para cuida la integridad de las personas y protege los activos eléctricos

1.3.9.1. Proceso de estimación de puesta a tierra

1.3.9.1.1. Electrodo tipo: varilla

Se presenta las ecuaciones para el cálculo de la resistencia de terrero, para electrodo tipo varilla (una unidad).

- Potencia del electrodo (P)

$$P = V * I = I^2 * R \quad (38)$$

- Resistencia del terreno (R)

$$R = \frac{\rho}{2\pi * L} * \ln \left[\frac{4L}{D} \right] \quad (39)$$

- Tensión del electrodo (V)

$$V = I * R \quad (40)$$

- Superficie del electrodo (S)

$$S = 2\pi * r * L \quad (41)$$

- Tensión a distancia X

$$V_X = \frac{I \cdot \rho}{4\pi \cdot L} * \ln \left[\frac{\sqrt{\left(\frac{X}{L}\right)^2 + 1} + 1}{\sqrt{\left(\frac{X}{L}\right)^2 + 1} - 1} \right] \quad (42)$$

Siendo:

- ρ Resistividad aparente del terreno ($\Omega - m$)
- R Resistencia de propagación (ohm)
- L Longitud del electrodo (m)
- r Radio del electrodo (m)

1.3.9.1.2. Electrodo múltiples

Los electrodos múltiples se usan cuando el valor de resistencia a tierra (R) solicitada no es alcanzada, con un solo electrodo o para disminuir las tensiones de paso (V_p) o de contacto (V_c). A esto se adjunta en la práctica, la corriente restringida por el volumen del terreno correspondiente al electrodo vecino, el valor de la resistencia sufre un ajuste, por un factor que es determinado por el número de electros, su ubicación y separación entre ellos, a este factor se le nombra; “factor función electrodo” ($f_{(n)}$) y es quien determina la eficiencia del sistema (Falcón Chavez, 2016). Su ecuación es:

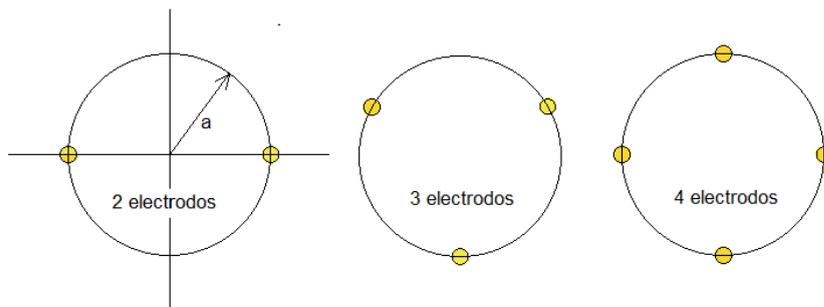
$$f_{(n)} = 2 * \frac{[0.12 + \ln(n)]}{\pi} \quad (43)$$

Siendo:

- n número de electrodos

- Arreglo circular.

Arreglo circular simétrico de electrodos equidistantes sobre una circunferencia.



Con los electrodos ubicados a una distancia infinita entre ellos, *la resistencia a la propagación* es:

$$R_{\infty} = \frac{R_o}{n} \quad (44)$$

Siendo: R_o la resistencia del electrodo.

La resistencia de propagación del sistema está dada por la siguiente expresión:

$$R_{sist} = R_{\infty} + \left[\frac{\rho * f(n)}{4\pi * a} \right] \quad (45)$$

La interacción entre los electrodos (por su proximidad) disminuye la eficiencia del sistema, que está dada por la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{R_{\infty}}{R_{sist}} = \frac{R_o/n}{R_{sist}} = \frac{1}{1 + \frac{\rho * f(n)}{4\pi * a * R_{\infty}}} \quad (46)$$

Siendo:

- η Eficiencia del grupo de electrones individuales
- R_{sist} Resistencia del sistema de electrodo
- R_o Resistencia individual de electrodo
- n Numero de electros ($n > 1$, números enteros)
- ρ Resistividad del terreno
- a Radio de la circunferencia infinita entre electrodos

La eficiencia del sistema mejora al aumentar la distancia entre elementos individuales. La interacción entre líneas de corriente disminuye (Falcón Chavez, 2016).

1.3.10. Costos

1.3.10.1. Análisis de rentabilidad

Es importante analizar la posible rentabilidad en el tiempo de este proyecto de investigación para conocer si es viable o no. Por ello se emplearán dos parámetros muy utilizados a la hora de calcular la viabilidad de este proyecto; el **Van** (Valor actual neto) y el **TIR** (Tasa Interna de Retorno).

1.3.10.1.1. Valor Actual Neto (VAN) o Net Present Value (NPV).

El VAN es un indicador que mide la valoración de inversiones monetario, que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. La fórmula n° 27 nos permite calcular el VAN. (Economipedia, 2015).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \rightarrow VAN = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \quad (47)$$

Siendo:

I_0 Desembolso inicial o inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

F_t Es el flujo de dinero en cada periodo t .

n Es el número de períodos considerados. O número de años que dura la inversión.

K Tasa de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

1.3.10.1.2. Tasa interna de retorno o rentabilidad (TIR)

El TIR, es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. En sí, se trata de despejar la "r" de la ecuación (28). (Economipedia, 2015).

$$r = \text{TIR}$$

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+r)^1} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (48)$$

Siendo:

F_t Es el flujo neto en cada periodo t

n Es el número de períodos considerados.

I_0 Es el valor de la inversión inicial

1.3.10.1.3. Uso general de la TIR y VAN

La **TIR** o tasa de rendimiento interno como ya se ha citado anteriormente, es una herramienta de toma de decisiones de una inversión a realizar para conocer la factibilidad de diferentes opciones de inversión.

El criterio general para conocer si es conveniente realizar un proyecto del VAN (tabla 14) el TIR son los siguientes:

Si $TIR \geq r \rightarrow$ Se aceptará el proyecto. Por qué el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el coste de oportunidad).

Si $TIR < r \rightarrow$ Se rechazará el proyecto. Por qué el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

r representa es el coste de oportunidad.

Tabla 14. Criterio de selección según el VAN

Valor	Significado	Decisión que tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no añade valor monetario por encima de la rentabilidad requerida(r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Fuente 12: Economipedia

1.4. Formulación del problema

¿Cómo reducir los costos por kwh de energía eléctrica en edificios multifamiliares del distrito de Baños del Inca, Cajamarca?

1.5. Justificación del estudio

El Perú cuenta en sus tres regiones con las excelentes condiciones de radiación solar (4.5 a 6.5 kwh/m²) y figuramos entre los cinco países con mayor radiación solar en el mundo, lo que nos hace un país apto para el uso de la energía solar FV.

Ayuda a la mitigación del calentamiento global, se genera empleos, se disminuye la demanda energética en las horas punta permitiendo que más personas tengan acceso a la corriente eléctrica, etc.

1.6. Relevancia económica

Ayudará a disminuir progresivamente los costos por consumo kwh de energía eléctrica, por lo tanto, una vez recuperada la inversión la energía generada sería gratuita.

1.6.1. Relevancia social

El aporte social de esta investigación es; la no contaminación del medio ambiente, al no emitir monóxido de carbono. Se estará ayudando a disminuir el calentamiento global y contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas.

1.1.1. Relevancia metodológica

Servirá como información para futuros estudios que tengan similar o igual enfoque y para las personas o empresas que decidan, optar por la energía fotovoltaica.

1.7. Hipótesis

Es posible, diseñar un sistema solar fotovoltaico, que reemplace el suministro de la red eléctrica nacional, para reducir los costos por kwh de energía eléctrica en el edificio multifamiliar del distrito de Baños del Inca, Cajamarca.

1.8. Objetivo

1.8.1. Objetivo general

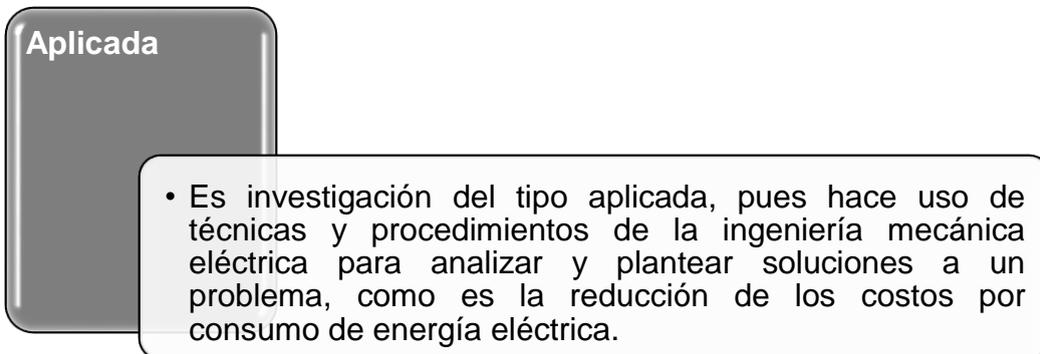
Diseñar un sistema solar fotovoltaico, que reemplace el suministro de la red eléctrica nacional, para reducir los costos por Kwh de energía eléctrica en edificios multifamiliares del distrito de Baños del Inca, Cajamarca.

1.8.2. Objetivos específicos

- 1.** Determinar los niveles de radiación solar, del edificio multifamiliar ubicado en el distrito de Baños del Inca
- 2.** Diagnosticar la situación actual del consumo de energía eléctrica en edificio multifamiliar del distrito de Baños del Inca Cajamarca.
- 3.** Dimensionar los componentes del sistema solar fotovoltaico.
- 4.** Seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico, en función de tecnología y capacidad.
- 5.** Determinar la factibilidad económica del sistema propuesto.

2. MÉTODO

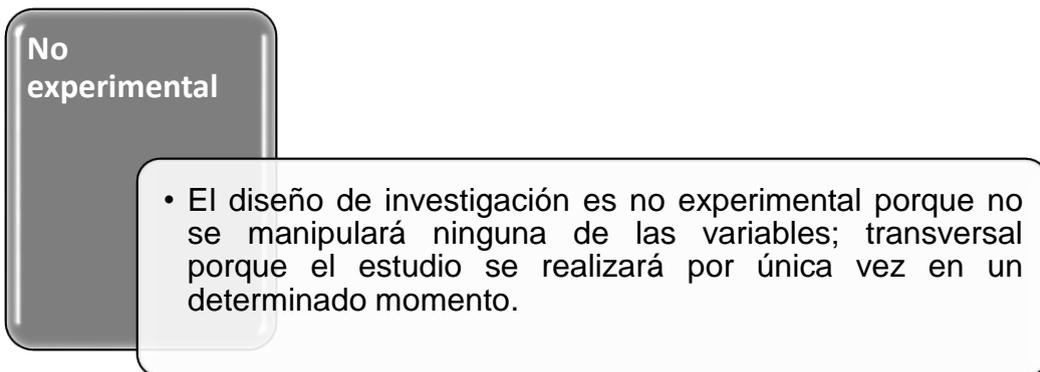
2.1. Tipo de investigación



Aplicada

- Es investigación del tipo aplicada, pues hace uso de técnicas y procedimientos de la ingeniería mecánica eléctrica para analizar y plantear soluciones a un problema, como es la reducción de los costos por consumo de energía eléctrica.

2.2. Diseño de investigación



No experimental

- El diseño de investigación es no experimental porque no se manipulará ninguna de las variables; transversal porque el estudio se realizará por única vez en un determinado momento.

2.3. Variables, operacionalización

Tabla 15: Variable, operacionalización.

Variable independiente: Cuantitativa				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Sistema solar fotovoltaico.	Sistema que genera electricidad a partir de la energía del sol. Unidad de trabajo o energía, que equivale a la energía producida o consumida por una potencia de 1 kilowatt en 1 hora.	Potencia suministrada por el SSFV. Cantidad energía entregada o absorbida por elemento en un momento determinado	W_p	intervalos
		Nivel de autonomía. Número de días consecutivos en ausencia de sol, que el sistema de acumulación debe poder proporcionar energía al consumidor.	$\Delta E_{aut} = D \times EE_T$ (Ah)	intervalos
		Radiación solar promedio. Determina la cantidad radiación solar disponible en un módulo FV, en un año, mes o día.	$kWh/m^2.día$	ordinal
Variable dependiente: Cuantitativa				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Costos del KWh de energía eléctrica.	Dinero invertido en energía, producida o consumida por una potencia de 1 kilowatt en 1 hora.	Potencia eléctrica Magnitud usada para medir el consumo de energía eléctrica	W	ordinal
		Energía eléctrica Consumida Cantidad de energía consumido en un determinado tiempo.	KWh	intervalos
		Valor del KWh de energía eléctrica Precio de venta que usa el sector energético para cobrar el consumo de energía eléctrica En céntimo de sol por kilowatts hora	ctm. S/./kWh	intervalos

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

Edificios multifamiliares de la zona urbana del distrito de Baños del Inca, Cajamarca que lo conforman sesenta y ocho (68), según el Censo Nacional 2007: XI de Población y VI Vivienda, ver en anexo 4 tabla 43.

2.4.2. Muestra

Se considera, un (1) edificios multifamiliares de la zona urbana del distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca.

La estructura de edificio de material noble compuesto por departamentos de diferentes propietarios.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Tabla 16

Indicadores	Técnica	Instrumento
Potencia suministrada por el sistema fotovoltaico (W_p).	Observación	Guía de observación.
Nivel de autonomía (Ah)	Observación	Guía de observación.
Radiación solar promedio (W/m^2).	Análisis del documento	Guía de análisis de documento.
Facturación de energía eléctrica (KWh).	Análisis del documento	Guía de análisis de documento.
Porcentaje de energía eléctrica consumida por energía suministrada $\frac{kW \text{ por Consumo De Energía}}{kW \text{ Total}}$ (%)	Observación	Guía de observación.

2.6. Métodos de análisis y datos

Por la naturaleza del estudio, en este proyecto de investigación se emplearon el método de análisis estadístico como: el Descriptivo para la presentación de datos en tablas de frecuencia y gráficos, así como para la determinación de las medidas y variación valores mínimos y máximos.

2.7. Aspectos éticos

El investigador se compromete a respetar:

- La autenticidad de los resultados obtenidos en la presente investigación no alterando los resultados de las pruebas correspondientes.
- Respetar medio ambiente, ayudando a mitigando el efecto invernadero mediante la presente investigación.

2.8. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

2.8.1. Recursos y presupuestos

2.8.1.1. Presupuestos

Tabla 17

Presupuesto administrativo			
<i>Descripción</i>	Cantidad	s/. Costo unitario	s/. Costo total
<i>Materiales y Equipo</i>			
<i>Papel</i>	2 millares	12.8	25.6
<i>lapicero</i>	4	1.5	6
<i>corrector</i>	2	2	4
<i>resaltador</i>	2	2	4
<i>Laptop</i>	1		
<i>Calculadora</i>	1		
<i>Servicios</i>			
<i>Internet</i>	4 meses	120	480
<i>Teléfono (celular)</i>	4 meses	69	276
<i>Transporte (pasajes)</i>	regular	250	250
<i>Impresiones</i>	0.5 millares	0.20	100
<i>Fotocopias</i>	0.5 millares	0.10	50
<i>empastado</i>	3	30	90
<i>Total</i>			1279

2.9. Financiamiento

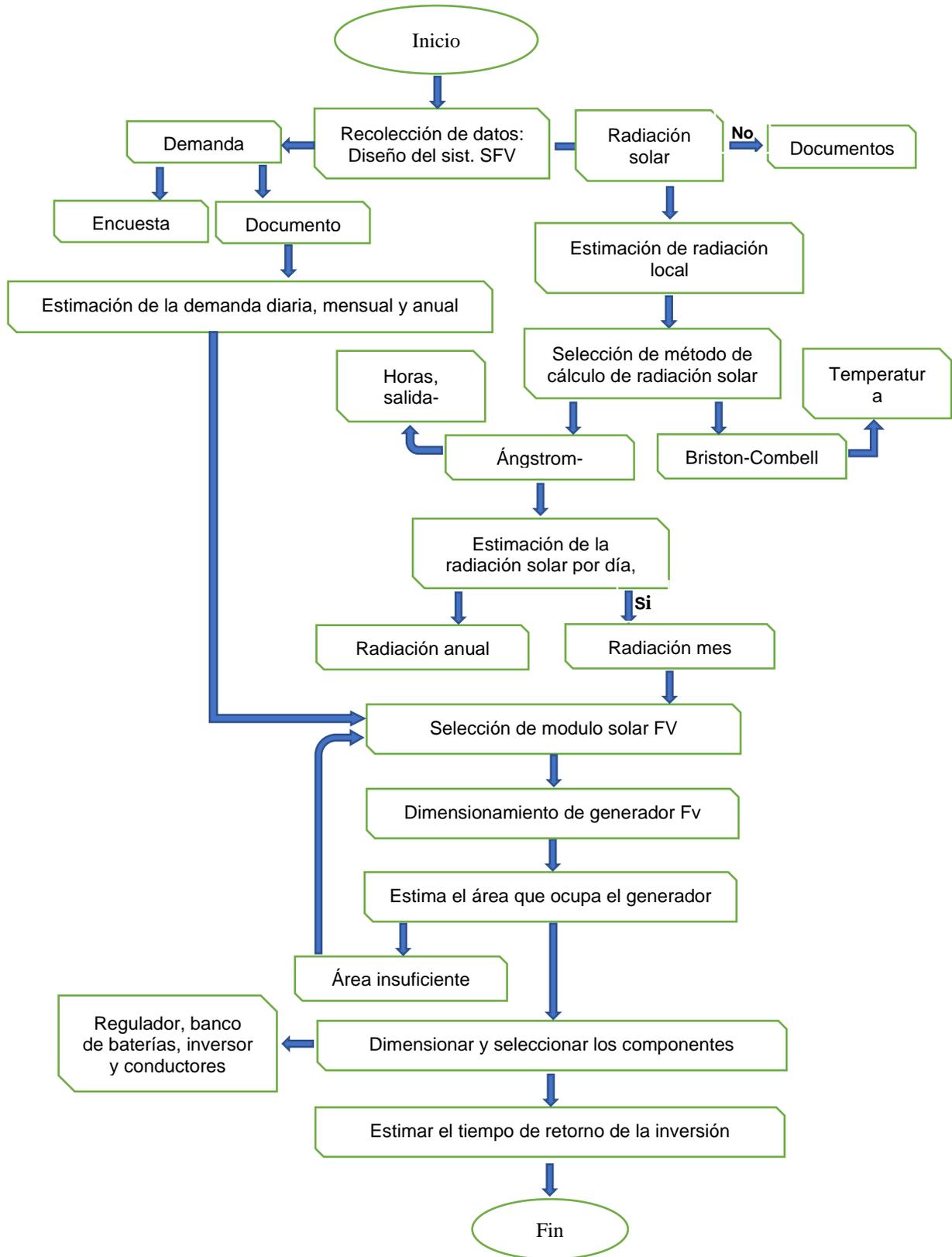
El Financiamiento será asumido por el investigador

2.10. Cronograma de ejecución.

Tabla 18

Proyecto de investigación	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Generalidades																
Título, autor, tipo de investigación	■	■														
Línea de investigación, localidad, duración de la investigación	■	■														
Introducción																
Realidad problemática			■	■												
Teorías relacionadas con el tema			■	■	■	■	■	■	■	■						
Formulación del Problema						■	■									
Justificación del estudio						■	■									
Hipótesis						■	■									
Objetivos						■	■									
Materiales y métodos																
Diseño de operación, variables operacionales								■	■							
Población y muestreo, técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad										■	■					
Aspectos éticos										■	■					
Aspecto administrativo																
Recursos y propuestas												■	■	■	■	
Financiamiento												■	■	■	■	
Cronograma de ejecución																

2.11. Flujograma



3. RESULTADO

3.1. Determinación de radiación - Objetivo 1.

Se determinará los niveles de radiación solar en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca, Perú, usando el método de Angstrom-Prescott, para lo cual se requiere conocer las horas de salida y ocaso de sol de esta ciudad

Adicionalmente el método de Angstrom-Prescott exige conocer la radiación extraterrestre y este a su vez conocer, la latitud de la ciudad, el número de cada día del año, la distancia relativa inversa a la tierra, el ángulo de radiación a la hora de puesta del sol, las horas de insolación máxima, todos estos parámetros se calcularán para finalmente poder calcular la radiación solar. Proceso que debe repetirse la cantidad de días que tiene cada mes, una vez terminada de calcular la radiación de los doce meses se escogerá el mes con menor radiación, la que se le conoce como mes crítico.

3.1.1. Hoja de cálculo para la radiación extraterrestre (R_a) y la insolación máxima

En la tabla 20, se muestra la hoja de cálculos que servirá para conocer el proceso a seguir para, obtener la radiación extraterrestre y la insolación máxima de cada día del año.

Tabla 19

Hoja de cálculo para la radiación extraterrestre (Ra) y la insolación máxima					
Latitud		Grados y minutos son: + positivo para el hemisferio norte - negativo para el hemisferio sur			
Grados		°	→		°
Minutos		'	→ /60		°
Grados decimales = Suma (grados + minutos/60)					°
$\varphi = \frac{\pi}{180} [\text{Grado decimales}]$ Ec. 2					rad
Día del año					
Día					
Mes			J Anexo 1, Ec. 3		
$d_r = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right)$			Ec. 4		
$\delta = 0.409 * \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right)$			Ec. 5		rad
sen(φ)seno(δ)					
cos(φ)cos(δ)					
$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi)\tan(\delta)]$			Ec. 6		rad
$\frac{24*60}{\pi} G_{SC}$					MJ m ⁻² Día ⁻¹
Radiación extraterrestre R_a					
$R_a = \frac{24*60}{\pi} G_{SC} d_r [\omega_s \text{sen}(\varphi) \text{seno}(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \text{sen}(\omega)]$ Ec.1					MJ m ⁻² Día ⁻¹
Horas de insolación máxima N					
$N = \frac{\pi}{24} \omega^2$			EC. 9		horas/día

Fuente 13. FAO

3.1.2. Desarrollo del procedimiento de cálculo de la radiación solar.

El cálculo de la radiación solar del edificio multifamiliar, ubicado en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca, Perú, correspondiente al 7 de mayo del 2018 al 9 de mayo del 2017. Para obtener la radiación solar primero se calcula la radiación extraterrestre, segundo la insolación máxima (calcula que se realiza, cuando no se cuenta con las horas de la salida y puesta de sol, pero en esta investigación se realizó el cálculo, para comprobar cuál es la aproximación de los datos reales que se tiene, calcula que se realizare en el primer y último día de la investigación), proceso que se repetirá los 364 días del año. (Resto del cálculo se realiza usando una hoja programa de Excel).

- Cálculo de la radiación extraterrestre (R_a)

, Para el cálculo de la radiación extraterrestre se ha tenido cuenta; la latitud en radianes y el número del día (j), el proceso del cálculo se muestra en la tabla 21.

Tabla 20

Ejercicio 364 (Parte 1)			
Determinación de la radiación extraterrestre.			
Se determina la radiación extraterrestre (R_a), para el 7 mayo 2018 a 07°09'S			
De la ec. 2	$07^{\circ}09' \text{ o } \varphi = \frac{\pi}{180} [-7.15] =$	-0.125	rad
De anexo 1, ec. 3	El número del día en el año, $J =$	127	día
De la ec. 4	$d_r = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365} * 127\right) =$	0.9809	-
De la ec. 5	$\delta = 0.409 * \sin\left(\frac{2\pi}{365} * (127 - 1.39)\right) =$	0.2923	rad
De la ec. 6	$\omega_s = \arccos[-\tan(-0.125)\tan(0.2923)] =$	1.5329	rad
Entonces:	$\sin(-0.125)\sin(0.2923) =$	-0.0359	-
Y:	$\cos(-0.125)\cos(0.2923) =$	0.9501	-
De la ec. 1	$R_a = \frac{24*60}{\pi} * 0.082 * 0.9809 * [1.5329 * -0.0359 + 0.9501 * \sin(1.5329)] =$	32.9743	MJ m ⁻² Día ⁻¹
La radiación extraterrestre es; 32.9743 MJ m⁻² Día⁻¹			

- Calculo de insolación máxima(N)

Para el cálculo **N** se ha tiene en cuenta el ángulo de radiación a la hora de puesta de sol, obtenido en la tabla 16. El cálculo de la insolación máxima se muestra en la tabla 22.

Tabla 21

Ejercicio 364 (Parte 2)			
Determinación de la insolación máxima.			
Se determina la hora de insolación máxima(N), para el 7 mayo 2018 a 07°09'S			
De parte 1	$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi)\tan(\delta)] =$	1.5329	rad
De la ec. 9	$N = \frac{24}{\pi} * (1.5329) =$	11.7104	horas
El número de horas de insolación máxima es; 11.7 Horas			

- Calculo de la radiación solar (R_s)

Para el cálculo **R_s** se ha tiene en cuenta, los datos de las tablas 21 & 22, el cálculo de la radiación solar se muestra en la tabla 23.

Tabla 22

Ejercicio 1 (Parte 1)			
Determinación de la radiación solar con datos de insolación real diaria.			
Se determina la radiación solar (R _s), para el 7 mayo 2018 a 07°09' S			
De la ec. 2	$07^{\circ}09' \text{ o } \varphi = \frac{\pi}{180} [\text{grados decimales}] =$	-0.125	rad
De parte 1, ec. 1	$R_a = \frac{24 \cdot 60}{\pi} * G_{SC} * d_r [\omega_s \sin(\varphi) \cos(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega)] =$	32.9743	MJ m ⁻² Día ⁻¹
Del parte 2, ec. 9	$N = \frac{24}{\pi} \omega_s =$	11.7104	horas Día ⁻¹
De tab 40,-Anex 2	N= ≈	11.8252	horas Día ⁻¹
De tabla 1	hr = 49%		
	$n/N = \text{heliofanía relativa (hr)} \rightarrow n = 0.49 \times 11.7104 =$	5.7336	horas Día ⁻¹
	$n/N = \text{heliofanía relativa (hr)} \rightarrow n = 0.49 \times 11.8252 =$	5.7943	horas Día ⁻¹
De tabla 2	$a_s + b_s =$	0.231+0.521	-
De la ec. 10	$R_s = \left(0.231 + 0.521 * \frac{5.7339}{11.7104}\right) * 32.9743 =$	16.0284	MJ m ⁻² Día ⁻¹
La radiación solar estimada es; 16.0284 MJ m ⁻² Día ⁻¹ ≈ 4.45233 kWh/m ² * día			
16.0020 MJ m ⁻² Día ⁻¹ ≈ 4.445 kWh/m ² * día			

La tabla 24. Muestra el cálculo de radiación solar del día (1), en la que se ha repetido el proceso de las tablas. 21, 22. & 23

Tabla 23

Ejercicio 1 (Parte 1) Determinación de la radiación extraterrestre. Determinar la radiación extraterrestre (R_a), para el 9 mayo 2017 a 07°09'S			
De la ec. 2	$07^{\circ}09' \text{ o } \varphi = \frac{\pi}{180} [-7.15] =$	-0.125	rad
De anexo 1, ec. 3	El número del día en el año, J =	129	día
De la ec. 4	$d_r = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365} * 129\right) =$	0.980	-
De la ec. 5	$\delta = 0.409 * \sin\left(\frac{2\pi}{365} * (129 - 1.39)\right) =$	0.3019	rad
De la ec. 6	$\omega_s = \arccos[-\tan(-0.125)\tan(0.3019)] =$	1.5316	rad
Entonces:	$\sin(-0.125)\sin(0.3019) =$	-0.037	-
Y:	$\cos(-0.125)\cos(0.3019) =$	0.9473	-
De la ec. 1	$R_a = \frac{24*60}{\pi} * 0.082 * 0.980 * [1.5318 * -0.037 + 0.9473 * \sin(1.5318)] =$	32.778	MJ m ⁻² Día ⁻¹
La radiación extraterrestre es; 32.778 MJ m⁻² Día⁻¹			
Ejercicio 1 (Parte 2) Determinación de la insolación máxima. Determinar las horas de insolación máxima (N), para el 9 mayo 2017 a 07°09'S			
De parte 1	$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi)\tan(\delta)] =$	1.5316	rad
De la ec. 9	$N = \frac{24}{\pi} * (1.5316) =$	11.7	horas
El número de horas de insolación máxima es; 11.7 Horas			
Ejercicio 1 (Parte 3) Determinación de la radiación solar con datos de insolación real diaria. Determinar la radiación solar (R_s), para el 9 mayo 2017 a 07°09'S			
De la ec. 2	$07^{\circ}09' \text{ o } \varphi = \frac{\pi}{180} [\text{grados decimales}] =$	-0.125	rad
De parte 1, ec. 1	$R_a = \frac{24*60}{\pi} * G_{SC} * d_r [\omega_s \sin(\varphi) \text{seno}(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\text{sen}(\omega)] =$	32.778	MJ m ⁻² Día ⁻¹
Del parte 2, ec. 9	$N = \frac{24}{\pi} \omega_s =$	11.7005	horas Día ⁻¹
De tab 40, Anex 2	N =	11.814	horas Día ⁻¹
De tabla 1	hr = 49%	5.7332	horas Día ⁻¹
	$n/N = \text{heliofanía relativa (hr)} \rightarrow n = 0.49 \times 11.7005 =$	5.7888	horas Día ⁻¹
	$n/N = \text{heliofanía relativa (hr)} \rightarrow \bar{n} = 0.49 \times 11.814 =$		
De tabla 2"	$a_s + b_s =$	0.231+0.521	-
De la ec. 10	$R_s = \left(0.231 + 0.521 * \frac{5.7332}{11.7005}\right) * 32.778 =$	15.9395	MJ m ⁻² Día ⁻¹
La radiación solar estimada es; 15.9395 MJ m⁻² Día⁻¹ ≈ 4.4276 kWh/m² * día			
15.9395 MJ m⁻² Día⁻¹ ≈ 4.4276 kWh/m² * día			

3.1.3. Resultados de la radiación solar del distrito Baños del Inca- Cajamarca - Perú (2017-2018) Aplicando el "Modelo Angstrom – Prescott"

La tabla 25. Nos ilustra el resultado del cálculo de la radiación solar, obtenida usando el método de Angstrom-Prescott, de inicio marzo de 2017 a marzo de 2018. En la que se tiene la radiación de los 12 meses de año el mes crítico y la radiación promedio del año

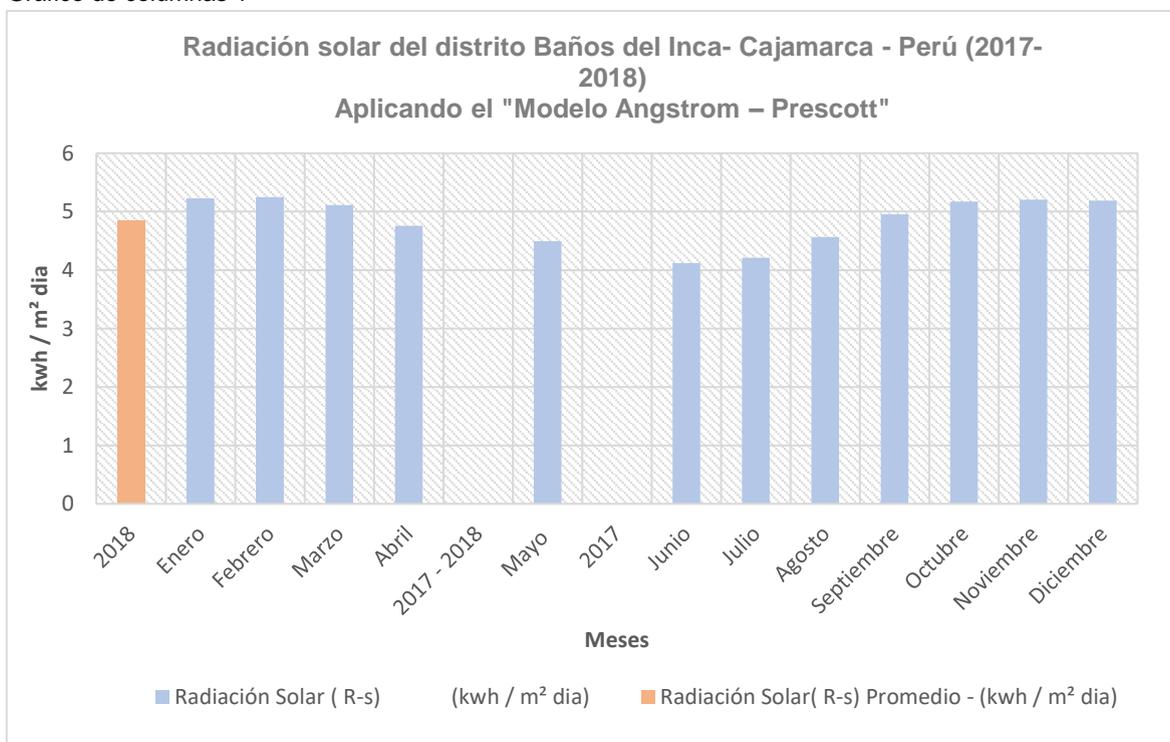
Tabla 24 Radiación solar del distrito Baños del Inca- Cajamarca - Perú (2017-2018)

Radiación solar del distrito Baños del Inca- Cajamarca - Perú (2017-2018) Aplicando el "Modelo Angstrom – Prescott"											
Radiación solar - kwh/m ² * día											
2018						2017					
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sept	Oct	Nov	Dic
5.225	5.247	5.1094	4.758	4.496	4.118	4.211	4.566	4.951	5.170	5.205	5.189
Radiación solar Promedio - kwh/m ² * día											
4.854											

Fuente 14: Elaboración Propia

El grafico 1. indica la radiación promedio por mes de un año. Así mismo es posible apreciar el mes crítico o el mes que llega a captar menos radiación en el lapso del año.

Gráfico de columnas 1



Fuente 15: Elaboración Propia

3.2. Demanda - Objetivo 2.

3.2.1. Calculo de demanda de EE

La tabla 26: muestra los consumos del edificio multifamiliar por consumo de energía eléctrica, el tipo línea, código de medidor, consumo promedio en un escenario de 6 meses la potencia contratada para cada área específica y el tipo de tarifa que tiene según por contrato, de esta tabla se tomaran los datos para obtener la demanda teórica diaria.

Tabla 25: Demanda o consumo de energía eléctrica, edificio multifamiliar

	Línea	Código de medidor	Consumo Promedio (últimos 6 meses)	Potencia Contratada	Opción Tarifaria
Ascensor	Monofásico	45847948	55.00 Kwh	8.00 KW	BT5B
Áreas comunes	Monofásico	45847966	12.00 Kwh	1.40 KW	BT5B
Residencial 101	Monofásico	45847939	166.5 Kwh	1.1 KW	BT5B
Residencial 201	Monofásico	45847920			BT5B
Residencial 301	Monofásico	45847901	133.00 Kwh	1.30 KW	BT5B
Residencial 401	Monofásico	45847895	43.83 Kwh	1.30 KW	BT5B
Residencial 501	Monofásico	45847886	38.90 Kwh	1.40 KW	BT5B
			615.73 Kwh	15.8 KW	

Fuente 16. Elaboración Propia -Datos extraídos de boletas de consumo de energía eléctrica de los propietarios del edificio multifamiliar. (Ver anexo 17)

- Calculo de energía eléctrica teórica diaria en Wh/día. De la ec.11

Se obtiene los datos de la tabla 26. Para ello se asumido que los cinco departamentos consumen igual, al departamento que tiene la demanda más alta.

$$EE_{t.d.} = N^{\circ} \text{ de dep.} * \text{dep. de mayor consumo de EE} + \text{Acensor} + \text{Areas Comunes}$$

$$EE_{t.d.} = (5 * 166.5 + 55 + 12) \text{ kwh} - \text{mes}$$

$$EE_{t.d.} = 899.5 \text{ kwh} \approx 899\,500 \text{ wh} - \text{mes}$$

$$EE_{t.d.} = 899\,500 \text{ wh} - \text{mes} \approx 899\,500 \text{ wh/mes} * 1\text{mes}/30.4166 \text{ dias}$$

$$EE_{t.d.} = \mathbf{29572.6 \text{ wh/dia}}$$

- Cálculo del rendimiento global de la instalación

Se utilizará los siguientes parámetros, que se muestra en la tabla 27, donde se da a conocer los coeficientes de pérdidas de los componentes del sistema solar FV, y dentro de la misma tabla se puede apreciar le cálculo.

Tabla 26: parámetros para calcular el rendimiento global de la instalación

	Elemento	Necesario
K_{bat}	Coeficiente perdidas en batería	5%
$K_{aut.bat}$	Coeficiente autodescarga batería	0.5%
P_{des}	Profundidad de descarga batería	60%
K_{conv}	Coeficiente perdidas conversión DC/AC	5%
K_{cond}	Coeficiente perdidas cableado	5%
N	Autonomía del sistema	3 d
De la Ec. 12	$R_{G.I} = (1 - 0.05 - 0.005 - 0.05 - 0.05) * (1 - 0.005 * 3 / 0.6) = 82.39\%$	

- Cálculo de energía eléctrica real diaria. De la ec.13.

$$EE_{r.d.} = EE_{t.d.} / R_{G.I}$$

$$EE_{r.d.} = 29572.6 / 0.8239$$

$$EE_{r.d.} = 35893.43 \text{ wh/día}$$

3.2.2. Dimensionamiento y selección de componentes del SSFV - Objetivo 3 & 4

- Calculo de superficie de generador fotovoltaico ($S_{G.FV}$). De la ec.14

$$S_{G.FV} = \frac{35893.43 \text{ Wh/día}}{4.118 \text{ h} * 4118 \text{ Wh/m}^2 * \text{día} * 0.18}$$

$$S_{G.FV} = 11.759968 \text{ m}^2$$

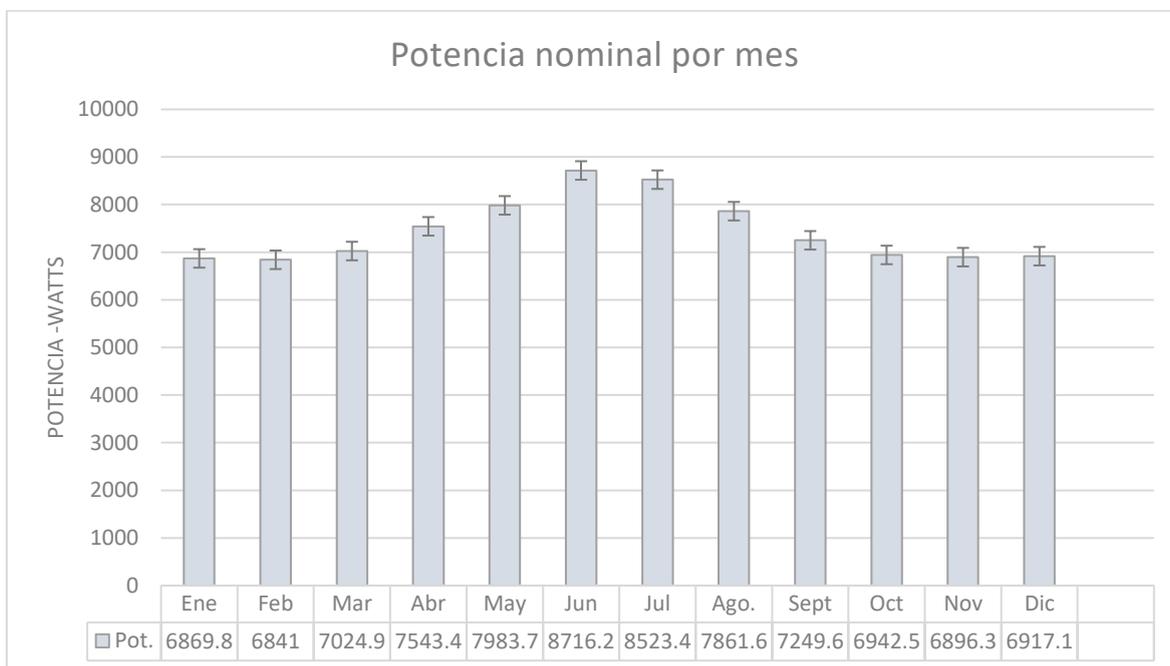
- Calculo de la potencia real diaria ($P_{rd-G.fv}$). De la ec.15

$$P_{rd-G.fv} = 4118 \text{ Wh/m}^2 * \text{día} * 11.759968 \text{ m}^2 * 0.18$$

$$P_{rd-G.fv} = 8416. \text{ watts.}$$

El grafico de columnas 1, muestra el resultado de las ecuaciones 14 & 15, con las que se obtuvieron la potencia real diaria de cada mes del año.

Gráfico de columnas 2: potencia nominal. Por mes



Fuente 17: Elaboración Propia

3.2.2.1. Cálculo de Módulos

Para el cálculo del generador fotovoltaico es necesario conocer; la latitud y longitud del lugar donde se pretende ejecutar el proyecto, el cálculo de la radiación solar por un año, en este caso, se usó el método de Angstrom-Prescott, el consumo requerido de EE, el área que se dispone (azotea del edificio) y otros. siendo los valores siguientes:

- El mes más crítico según consumos: julio
- Inclinación elegida: 20°
- Temperatura media mensual máxima diaria (3 meses): 21.05°
- Radiación solar del mes más desfavorable: 4.118 HSP
- Energía Real Diaria desde módulos: 35893.43 wh/día
- Potencia pico módulos calculada: 8716,162 Wp

Para seleccionar el módulo se ha tenido en cuenta, los datos eléctricos anteriores, que permiten conocer el rendimiento de las unidades a adquirir. A continuación, se muestra los detalles del módulo (ver tabla 28).

Tabla 27

Eco line P72/300 - 320 W Policristalino
Modulo tipo LX-XXXP/156-72= Potencia nominal P_{mpp}

Datos eléctricos en STC		Datos eléctricos en NOCT	
Potencia nominal P_{mpp} [Wp]	300	Potencia nominal P_{mpp} [Wp]	22.70
Rango de P_{mpp}	306.49	Rango de P_{mpp}	
Corriente I_{mp} [A]	8.34	Corriente I_{mp} [A]	6.67
Voltaje a potencia máxima V_{mpp} [V]	36.00	Voltaje a potencia máxima V_{mpp} [V]	33.38
Corriente de cortocircuito I_{SC} [A]	8.84	Corriente de cortocircuito I_{SC} [A]	41.50
Voltaje a circuito abierto V_{oc} [V]	44.13	Voltaje a circuito abierto V_{oc} [V]	7.07
Temperature coefficient [V] [I] [P]		-0.30 % /°C 0.05 % /°C -0.41 % /°C	

- Calculo del número total de módulos por balance energético, de la EC. 16.

$$N_T = \frac{EE_{t.d.}}{HPS * P_{mpp} * R_G}$$

$$N_T = \frac{29572.6}{4.118 * 300 * 0.8239}$$

$$N_T = 29.054 \approx \mathbf{30} \text{ Paneles solares FV.}$$

- Calculo del número total de módulos por potencia, de la Ec. 17.

Se estima el número de paneles usado la potencia del mes crítico (tabla 28)

$$N_T = \frac{S_{G.Fv}}{P_{mpp}} = \frac{8716.1667 \text{ w}}{300 \text{ w}} = 29.054$$

$$N_T = 29.054 \geq \mathbf{30} \text{ Paneles solares FV}$$

- Calculo del número de módulos en serie (N_s), de Ec.18

$$N_s = \frac{V_{sist}}{V_{mpp}} = \frac{76 \text{ Vol}}{36} = 2$$

- Calculo del número de módulos en paralelo. De Ec. 19

$$N_p = \frac{N_T}{N_s} = \frac{30}{2} = 15$$

3.2.2.2. Cálculos y selección - Regulador

- Calculo de tensión del sistema solar fotovoltaico. Ec. 20

Entonces la tensión del producida por el sistema solar Fv. Es:

$$V_{mpp \text{ sist.}} = V_{mpp} * N_s = 24 * 2 = 48 \text{ Vol.}$$

- Calculo de intensidad total o corriente del sistema solar fotovoltaico. Ec. 21
Entonces la corriente total producida por el sistema solar Fv. Es:

$$I_{mpp \text{ sist.}} = I_{mpp} * N_p = 8.34 * 15 = 125.1 \text{ A.}$$

- Calculo de potencia nominal del sistema solar fotovoltaico. Ec. 22
Entonces la potencia total instalada es:

$$P_{mpp \text{ sit.}} = P_{mpp} * N_p = 300 \text{ Wp} * 30 = 9000 \text{ Wp}$$

Para seleccionar el regulador se ha tenido en cuenta valores calculados del sistema solar FV, los datos los módulos fotovoltaicos. Dando los siguientes valores:

- Tensión sistema: 48 V
- Tensión módulos Circuito abierto: 44.13 V
- Tensión módulos máxima potencia: 36 V
- Corriente de cortocircuito modulo: 8.84 A
- Corriente a potencia máxima modulo: 8.34 A
- N° de módulos serie instalar: 2
- N° de módulos paralelo instalar: 15
- Total, módulos instalar: 30
- Intensidad total sistema (abierto): 125.1 A (resultado de Ec. 21)
- potencia pico módulos total: 9000 Wp

La elección del regulador se muestra en la tabla 29 (especificaciones técnicas completas, ver anexo 6).

Tabla 28: Especificaciones técnicas del regulador de voltaje MPT modelo Leonics.

LEONICS CSP- 48240					
Tensión de salida	[V]	48	Voltaje de entrada	[V]	48-96
Potencia nominal	[Wp]	13200	Consumo Propio	[mA]	12
Capacidad de carga	[A]	240	N° de Reguladores		1

3.2.2.3. Cálculos y selección - banco de acumuladores.

Para los cálculos de la batería, es necesario conocer; la energía requerida, la tensión del sistema, así como la profundidad de descarga y los días de autonomía del sistema.

- Tensión nominal de baterías: 48 V
 - Profundidad de descarga de baterías: 60 %
 - Autonomía del sistema: 3 días.
- Calculo de la energía eléctrica real diaria incluyendo los días de autonomía.

Ec.23

$$\Delta E_{aut} = D \times EE_{r.d.}$$

$$\Delta E_{aut} = 3 \times 35893.43 = 107680.29 \text{ Wh/día}$$

- Calculo de la capacidad del sistema de acumulación $C_n(\text{Ah})$ (baterías).

Ec.24.

$$C_n(\text{Ah}) = \frac{\Delta E_{aut}}{V_{bat} * P_d}$$

$$C_n(\text{Ah}) = \frac{107680.29}{48 * 0.6}$$

$$C_n(\text{Ah}) = 3738.89 \text{ Ah}$$

Del cálculo de baterías se tiene los siguientes resultados:

- Energía Real Diaria: 35893.43 Wh/día
- Capacidad útil baterías calculada: $\frac{35893.29*3}{48*1} = 2243\text{Ah}$
- Capacidad real baterías calculada: 3738.89 Ah. (resultado de ec. 24)

Se ha seleccionado una batería con Capacidades de carga superior a la calculada, por ello se elige la batería que se inca en la tabla 30, con una carga de 3817 Ah a un régimen de 120 horas (C120), 5200 ciclos con una profundidad de descarga de 25%, para el banco de baterías.

Tabla 29: Especificaciones técnicas de batería de descarga profunda

ECOSAFE TZS-20 Tubular-Plate					
C10: 2735 Ah	C 20: 3088 Ah	C 40: 3651 Ah	C 100: 3764 Ah	C 120: 3810 Ah	
Tensión				[V]	2
Capacidad nominal acumulador				[Ah]	3817
Tensión nominal acumulador				[V]	48

Seleccionado el modelo de batería, se procede ser el cálculo restante, usando los parámetros específicos, en este, modelo de batería.

- Cálculo del número de batería $n^{\circ}_{bat.}$ (Ver ec. 25)

Se obtuvo de:

$$n^{\circ}_{bat.} \geq \text{tension del sistema solar fotovoltaico/tension de la bat. seleccionada}$$

$$n^{\circ}_{bat.} \geq 48 \text{ Vol}/2 \text{ Vol}$$

$$n^{\circ}_{bat.} \geq 24 \text{ bat.}$$

- Cálculo del número de baterías en paralelo. (Ver ec. 26)

$$N_{Bat.P} \geq C100/C_n$$

$$N_{Bat.P} \geq 3764/3738.6 \geq 1.006 \text{ bat.}$$

- Cálculo de la vida útil del banco de baterías. (Ver ec. 27)

La vida útil de la batería es igual, a N° de descargas de la batería o el banco de batería entre, N° de ciclos de esta:

- N° de descargas por semana: 5

- N° de semanas al año: 52 semanas

- N° de ciclos: 5200 ciclos con una profundidad de descarga de 25%

$$\text{Vida útil de la bat.} = \frac{5200}{5 * 52} = 20 \text{ años}$$

Del cálculo y la elección, adecuándose al fabricante, utilizaremos un banco de batería; formado por 24 baterías en serie, dando un total de 3764 Ah entre; C40 y C100, con una tensión de sistema de 48 V, Capacidad de acumulación necesaria para tres (3) días y obtener una vida útil de 20 años

3.2.2.4. Selección – Inversor Cargador

Para el dimensionado del inversor-cargador se ha usado los siguientes datos:

- Tensión sistema DC: 48 V
- Tensión salida AC: 230 V
- Potencia teórica diaria (de la demanda teórica diaria): 7225.52 Watts

- Factor de seguridad: 0.8
- Frecuencia: 50 /60 Hz

La elección del inversor-cargador ha sido la que se muestra en la tabla 31, teniendo en cuenta los datos anteriormente mencionados.

Tabla 30: características técnicas de inversor fotovoltaico.

Phoenix 48/5000				
Tensión	[V]	48	Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	5000
Pico de potencia	[W]	10000	Potencia cont. de salida 25 °C (W)	4500
Frecuencia	[Hz]	50/60	Potencia cont. de salida 40 °C (W)	4000
Conexión de salida 230 Vol. AC			Nº de Reguladores	1

3.2.3. Cálculo y selección – Conductores de EE. FV

Calculo de sección transversal de conductor. Ec. 28.

- Generador fotovoltaico – Regulador de tensión

$\Delta V = \text{tension del generador fotovoltaico} * \text{el porcentaje de caidad admisible}$

$$\Delta V = 48 * 0.03 = 1.44 \text{ vol}$$

En, el cálculo de la sección transversa se usa, la intensidad del generador fotovoltaico (resultado de Ec. 21)

$$S = \frac{2 * L_{\text{Cond}} * I_{\text{cond}}}{K * \Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 6\text{m} * 125.1 \text{ A}}{(56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2) * (48 \text{ vol} * \frac{3}{100})}$$

$$S = 18.616 \text{ mm}^2$$

- Regulador de tensión – Batería:

$\Delta V = \text{tension del generador fotovoltaico} * \text{el porcentaje de caidad admisible}$

$$\Delta V = 48 * 0.01 = 0.480 \text{ vol}$$

En, el cálculo de la sección transversa se usa, la intensidad de generada, por el generador fotovoltaico (resultado de Ec. 21)

$$S = \frac{2 * 3.5\text{m} * 125.1 \text{ A}}{(56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2) * (48 \text{ vol} * \frac{1}{100})}$$

$$S = 32.57 \text{ mm}^2$$

- Bateria – Inversor:

$\Delta V =$ tension del generador fotovoltaico * el porcentaje de caida admisible

$$\Delta V = 48 * 0.01 = 1.44 \text{ vol}$$

Se estima la potencia retórica diaria máxima requerida por el usuario, usando la ecuación 14 & 15.

$$S_{G.FV} = \frac{29572.6 \text{ Wh/día}}{4.118 \text{ h} * 4118 \text{ Wh/m}^2 * \text{ día} * 0.18}$$

$$S_{G.FV} = 9.747 \text{ m}^2$$

$$P_{Td} = 9.747 \text{ m}^2 * 4.118 * 0.18 = 7225.012 \text{ watts}$$

Entonces:

$$I = P_{Td} / \text{tension del sist solar fotovoltaico}$$

$$I = 7225.012 \text{ watts} / 48 \text{ vol} = 150.52 \text{ Amp}$$

$$S = \frac{2 * 3.5 \text{ m} * 150.52 \text{ A}}{(56 \text{ m}/\Omega * \text{ mm}^2) * (48 \text{ vol} * \frac{1}{100})}$$

$$S = 39.197 \text{ mm}^2$$

- Sistema solar fotovoltaico – Poso a tierra.

$\Delta V =$ tension del generador fotovoltaico * el porcentaje de caida admisible

$$\Delta V = 48 * 0.06 = 1.44 \text{ vol}$$

$$S = \frac{2 * 18 \text{ m} * 125.1 \text{ A}}{(56 \text{ m}/\Omega * \text{ mm}^2) * (48 \text{ vol} * \frac{6}{100})}$$

$$S = 27.92 \text{ mm}^2$$

La tabla 32 muestra los parámetros que se han tenido en cuenta para la respectiva selección de conductores, y con los resultados obtenidos, se ha seleccionado los cables, usando la tabla del catálogo de CELTESA FV (ver anexo: 10).

Tabla 31: parámetros para obtener la superficie transversal del conductor y resultados.

Descripción	I	L	$\Delta V\%$	S	Calibre del conductor	
				mm ²	AWG/Kcmil	mm ²
Panel Fv – regulador	125.1 A	6 m	3	18.616	4	25
Regulador – batería	125.1 A	3.5 m	1	32.57	2	35 mm ²
Batería- Inversor	150.52 A	4 m	1	39.197	1/0	50 mm ²
SSFV - PT	125.1 A	18 m	6	27.92	2	35 mm ²

3.2.4. Calculo y selección – Pararrayo

3.2.4.1. Proceso de evaluación, riesgo de rayos:

Datos del modelo

Ubicación: MZ. G –S.G. Urb. Colinas Victoria, Distrito Baños del Inca, Cajamarca

Tipo de edificación: Complejo de apartamentos

Localización de estructura: Está rodeada por estructuras similares.

Techo: Material noble y estructura

Estructura: Material noble es Valor excepcional, normalmente inflamable.

Evacuación: Dificultosa y con riesgo de pánico

Continuidad de servicio: Requerido

Radio de protección requerido: Altura de la edificación: 18.5 metros

De acuerdo con el modelo, se procede así

- Estimación del nº de descargas atmosféricas (N_g). Ec.29

Niveles Ceraúnico: 40 (tabla 40)

$$N_g = 0.04 * 40^{1.25} = 4.023786 \text{ descarga} / \text{Km}^2 * \text{año}$$

- Estimación de Superficie de captura equivalente del edificio aislado ($A_{eq.}$)

Como la estructura del edificio no es uniforme, se realiza el cálculo, usando la ecuación 31, para estructuras con partes prominentes, donde se tiene en cuenta la altura del edificio:

$$A_{eq.} = 9\pi * 18.5^2 = 9676.8907 \text{ m}^2 = 9.6768907 * 10^{-3} \text{ km}^2$$

- Estimación de la frecuencia esperada de impacto (N_e). Ec. 32 & 33
 C_1 , Localización relativa de estructuras: 0.25 (Tabla. 9).

$$N_e = N_{g_{\max}} * A_{eq.} * C_1 * 10^{-6}$$

$$N_e = \left(\frac{40^{\text{descarga}} / \text{Km}^2 * \text{año}}{10} \right) * 9676.8907 \text{ m}^2 * 0.25 * 10^{-6}$$

$$N_e = 9.6768 * 10^{-3} \text{ descarga/año}$$

- Estimación del riesgo admisible (N_a). Ec. 34.

C_2, C_3, C_4, C_5 , Los valores (tabla 10.)

$$N_a = 5.5 * \frac{10^{-3}}{1 * 1 * 3 * 5}$$

$$N_a = 366.67 * 10^{-6} \text{ descarga/año}$$

Como $N_e > N_a$, entonces se requiere el cálculo de E.

3.2.4.2. Selección de Pararrayos

- Estimación del nivel de protección (Grado de seguridad), expresada como eficiencia requerida (E). Ec. 35

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} = 1 - \frac{366.67 * 10^{-6} \text{ descarga/año}}{9.6768 * 10^{-3} \text{ descarga/año}} = 0.9621$$

Para $E > 0.96$ es necesario un sistema de protección nivel II más medidas adicionales, según la tabla 10.

- Estimación del Radio de Protección (R_p). (Ver ec. 37)

$$R_p = \sqrt{[(2 * r * h) - h^2] + [\Delta * (2 * r + \Delta)]}$$

$$R_p = \sqrt{[(2 * 30 * 23.5) - 23.5^2] + [60 * (2 * 30 + 60)]}$$

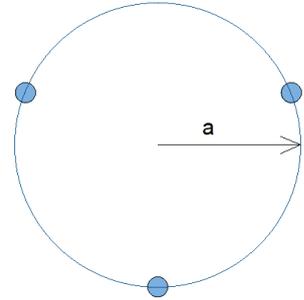
$$R_p = 82.04 \text{ m}$$

Se selecciona el modelo de pararrayo Nimbus® CPT 3, con nivel de protección II con un radio de protección de 35m a 88m, que está dentro del rango estimado (82.04 m). (Ver anexo 12)

3.2.5. Cálculo, selección y arreglo de electrodos para pozo a tierra(SSFV)

Datos:

- Resistividad del terreno(ρ) 50 Ω m
- Diámetro del electrodo (D) 19.03 mm
- Radio del electrodo (r) 9.65 mm
- Radio de la circunferencia(a) 3 m
- N° de electrodos simples (n) 3
- Corriente hacia el sistema (I) 125.1 A
- Corriente en cada Electrodo (I_e) $I_e = \frac{I}{n}$
- Resistencia de propagación deseado (R) **5 Ω**



3.2.5.1. Cálculo de electrodo (una varilla)

- Potencia del electrodo (R). Ec.38

$$P = I^2 * R = 125.1^2 * 21.58 = 337.27 \text{ kw}$$

- Resistencia de propagación (R). Ec. 39

$$R = \frac{\rho}{2\pi * L} * \ln \left[\frac{4L}{D} \right] = \frac{50 \Omega \text{ m}}{2\pi * 2.4} * \ln \left[\frac{4 * 2.4}{0.0143} \right] = 21.58 \Omega$$

- Tensión del electrodo (V). Ec. 40

$$V = I * R = 125.1 * 21058 = 2699.65 \text{ watts}$$

Del resultados de la estimación de 4 modelos de electrodos para PT de la misma marca, se escoge el modelo 693400MEX, por tener la más baja resistencia de propagación (R). (Ver anexo 9).

Tabla 32: Selección de modelo de electros ERICO, en función a al resultado del cálculo de R

Modelos de Electrodo ERICO				
615880	615800MEX01	613480	613400	693400MEX
$\rho = 50 \Omega \text{ m}$				
L = 2.4 m	L = 3 m	L = 2.4 m	L = 3 m	L = 3 m
D = 14.3 mm	D = 14.3 mm	D = 17.3 mm	D = 17.3 mm	D = 19.05 mm
I = 125.1 A				
R = 21.58 Ω	R = 17.85 Ω	R = 20.95	R = 17.35 Ω	R = 10.99 Ω
P = 337.27 kw	P = 279.35 kw	P = 327.867 kw	P = 271.52 kw	P = 171.99 kw
V = 2699.65 vol.	V = 2233.03 vol.	V = 2620.84 vol.	V = 2170.48 vol.	V = 1374.84 vol.

Fuente 18 :Elaboración propia.

Al no verse conseguido el R deseado (5 Ω), se opta por realizar el calculo de electrodos múltiples y así determinar el número de numero de electrodos necesarios.

3.2.5.2. Cálculo de electrodos múltiples, arreglo circular

- Factor función electrodo ($f_{(n)}$). Ec.43

$$f_{(n)} = 2 * \frac{[0.12 + \ln(n)]}{\pi} \Rightarrow f_{(3)} = 2 * \frac{[0.12 + \ln(3)]}{\pi} = 0.0839$$

- Resistencia individual de electrodo ($R_{(0)}$).

$$R_o = R = 10.99 \Omega \text{ (ver resultado de Ec. 39 - Tabla 33)}$$

- Resistencia infinita ($R_{(0)}$). Ec. 44

$$R_{\infty} = \frac{R_o}{n} = \frac{10.99 \Omega}{3} = 3.6633 \Omega$$

- Resistencia de propagación del sistema (R_{sist}). Ec. 45

$$R_{sist} = R_{\infty} + \left[\frac{\rho * f_{(n)}}{4\pi * a} \right] = 3.6633 \Omega + \left[\frac{50 \Omega \text{ m} * 0.0839}{4\pi * 3 \text{ m}} \right] = 3.774 \Omega$$

- Eficiencia del sistema (R_{sist}). Ec. 46

$$\eta = \frac{R_{\infty}}{R_{sist}} = \frac{3.6633 \Omega}{3.774 \Omega} = 0.97 \approx 97\%$$

3.2.6. Cálculo de huella de carbón.

El cálculo de emisiones totales en relación al consumo de energía eléctrica se realiza usando la fórmula del libro guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, 2016). Así mismo se consideró el factor de emisión para energías renovable, considerado entre: 0.6421 y 0.6629 Kg * CO₂/Kwh. (Cenace, 2011).

$$\text{Emisión}_{\text{CO}_2 \text{ evitado}} = \text{Consumo de EE} * \text{factor de emision}$$

$$\text{Emisión}_{\text{CO}_2 \text{ evitado}} = [35.89343\text{kwh/día} * 365\text{días}] * 0.641\text{Kg} * \text{CO}_2/\text{KWh}$$

$$\text{Emisión}_{\text{CO}_2 \text{ evitado}} = 8397.8063 \text{ Kg} * \text{CO}_2/\text{año}$$

$$\text{Emisión}_{\text{CO}_2 \text{ evitado}} = 8.3978 \text{ Tn} * \text{CO}_2/\text{año}$$

3.3. Costos - Objetivo 5.

- Costos de diseño de sistema solar fotovoltaico.

En, la tabla 34 se muestra el costo de los componentes que se necesita adquirir para la construcción del sistema solar fotovoltaica del edificio multifamiliar.

Tabla 33: sumatoria de costos de componente del sistema solar fotovoltaico.

Descripción	Cantidad	Precio unitario S/	Parcial S/
Panel Solar Fv. Policristalino. (300 W _p) – Modelo: Eco line P72/300 - 320W	30	938.03	28140.90
Regulador de voltaje - LEONICS CSP- 48240	1	5738.51	5738.51
Batería de ciclo Profundo - ECOSAFE TZS-20 Tubular-Plate. (2 Vol.).	24	4426.45	106234.80
Inversor - Phoenix 48/5000	1	4336.19	4336.19
Cable CENTELSA fotovoltaico tipo PV EPR+ CPE 2000V 90°SR			
Conductor AWG/Kcmil Calib. 4 ≈ 25mm ²	12 m	25	300.00
Conductor AWG/Kcmil Calib. 2 ≈ 35mm ²	21 m	30.75	645.75
Conductor AWG/Kcmil Calib 1/0 ≈ 50mm ²	7 m	60	420.00
Estructura-Paneles-Solares-KH915(capacidad 4 módulos)	8	121.33	970.00
Elementos de protección			
Fusible cilíndrico de 25A, 1000Vcc (Anexo 14)	2	4.20	8.40
Base para fusible cilíndrico de 160A, 100Vcc	6	21.23	127.54
Porta fusible CHPV de 25A, 100Vcc (Anexo 14)	2	34.74	69.92
Accesorios eléctricos de instalación	1	467.54	467.54
Pozo a tierra	3	1200	3600.00
Total			158215.55

La tabla 35, muestra el costo por mantenimiento, cada que tiempo se realiza y cual serie el monto adicional que cada propietario aportaría adicionalmente, lo que es necesarios conocer para obtener costo global de la inversión y al mismo tiempo conocer el tiempo de retorno de la inversión.

Tabla 34costos de mantenimiento.

Descripción	Tiempo	Costo por año S/.	Costo mensual S/.
Mantenimiento	3 al año	600	50.0
Otros		90	7.5
Total (asumida por el n° de propietarios)		690	57.5
Total, asumido por 5 propietarios(mes)			11.5

- Cálculo de costo por huella de carbono

El precio de carbono se ha tomado del artículo ¿Cuántos dólares cuesta el daño por cada tonelada de CO₂ emitida a la atmósfera?, donde afirma que el precio del carbono por tonelada emitida a la atmosfera es, de \$ 37 dólares americanos. (Ecoportal.net, 2015)

Costo huella_{CO₂-RER} = Cálculo de emisión_{CO₂ emitdo} * Precio del CO₂ en el mercado

Costo huella_{CO₂-RER} = 8.3978 Tn * CO₂/año * (37 \$ * 3.21 S/.)

Costo huella_{CO₂-RER} = 997.406 Sol

- Calculo de análisis de retorno de inversión:

El primer cálculo del análisis de retorno de inversión se hace haciendo uso del criterio del Playback. Par esto, se obtenido de la sumatoria global de la inversión entre el costo promedio que se cancela al año, por el uso de energía eléctrica del proveedor actual. (Considerando tarifa de 800 soles mensuales). Sin considerar los costos por; mantenimientos y por daños a la atmosfera (emisión de CO₂)

$$\text{Tiempo de retorno}_1 = \frac{\text{costos de global de sistema solar fotovoltaico}}{\text{costo promedio, cancelado al proveedor actual de EE}}$$

$$\text{Tiempo de retorno}_1 = \frac{158215.55}{800 * 12\text{meses} - 690} = 17 \text{ años} - 9 \text{ meses} - 3 \text{ días}$$

En este segundo ejercicio se restó al costo promedio cancelado al proveedor actual de EE, el mantenimiento anual y se sumó el valor del costo por emisiones de CO₂ a la atmosfera.

$$\text{Tiempo de retorno}_2 = \frac{158215.55}{800 * 12\text{meses} + 997.40 - 960} = 15 \text{ años} - 11 \text{ meses}$$

- Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) Ec. 27 & 28.

Para el cálculo del Van se ha tenido en cuenta los siguientes valores:

- El valor de la inversión inicial (t = 0): 158215.55 s/.
- El número de períodos considerados: 20 años
- El flujo de dinero en cada periodo t: Tabla: 36 (para el primer escenario no se incluye la huella de carbono, la que si se incluye en el segundo escenario)
- La tasa de descuento o tipo de interés exigido a la inversión: 6.56%.

En la tabla 36, muestra la caja flujos por año; en dos escenarios: en el primero (1) se obtiene el flujo de caja por consumo (el promedio) del edificio multifamiliar (S/. 800.00 al mes) por el número de meses que tiene el año (12 meses) menos el costo de mantenimiento anual (S/. 690.00 al año), para el resto de los años se aplicó el mismo proceso, más el 3% adicional al costo del año anterior hasta llegar, al año 20. El 3% adicional que se aumenta al costo por consumo de EE por año, se justifica por; Primero porque los precios de EE nos son estable y tienden a subir constantemente, segundo el consumo de energía de una vivienda está sujeta al factor socio económico, tercero la cantidad de personas que ocupan una vivienda o departamento, hoy pueden ser tres como en otra etapa del año 5 por lo que puede variar la cantidad de consumo de EE y el cuarto basado en la información extraída del libro “La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático” que nos relata, que según él según el Deutsche Bank la energía eléctrica sube 3% anual (Vásquez Cordano, Tamayo Pacheco, & Salvador Jácome, 2017) La diferencia entre el escenario uno y el escenario dos es, el aumento del costo de la huella de carbón(S/. 997)

Tabla 35: Flujo de caja (para determinar le VAN y TIR)

Flujo de caja							
Escenario nº 1				Escenario nº 2			
Año	Ingreso anual S./año	Egreso anual S./año	Ingreso anual neto S./año	Utilidad anual S./año	Ingreso anual (CO ₂) S./año	Ingreso anual neto (CO ₂) S./año	Utilidad anual (CO ₂) S./año
Amortización anual		s/ 8429.72					
0	158215,55						
1	9600,00	690	8910	480.28	997.406	9907,406	1477,686
2	9888,00	690	9198	480.28	997.406	10195,406	1765,686
3	10184,64	690	9494,64	480.28	997.406	10492,046	2062,326
4	10490,17	690	9800,17	480.28	997.406	10797,576	2367,856
5	10804,88	690	10114,88	480.28	997.406	11112,286	2682,566
6	11129,03	690	10439,03	480.28	997.406	11436,436	3006,716
7	11462,9	690	10772,9	480.28	997.406	11770,306	3340,586
8	11803,78	690	11113,78	480.28	997.406	12111,186	3681,466
9	12160,99	690	11470,99	480.28	997.406	12468,396	4038,676
10	12525,82	690	11835,82	480.28	997.406	12833,226	4403,506
11	12901,59	690	12211,59	480.28	997.406	13208,996	4779,276
12	13288,64	690	12598,64	480.28	997.406	13596,046	5166,326
13	13687,29	690	12997,29	480.28	997.406	13994,696	5564,976
14	14097,91	690	13407,91	480.28	997.406	14405,316	5975,596
15	14520,85	690	13830,85	480.28	997.406	14828,256	6398,536
16	14956,48	690	14266,48	480.28	997.406	15263,886	6834,166
17	15405,17	690	14715,17	480.28	997.406	15712,576	7282,856
18	15867,33	690	15177,33	480.28	997.406	16174,736	7745,016
19	16343,35	690	15653,35	480.28	997.406	16650,756	8221,036
20	16833,65	690	16143,65	480.28	997.406	17141,056	8711,336

Fuente 19: Elaboración propia

Escenario 1. (Ver Ec. 47 y 48)

$$VAN_{7.16\%} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

$$VAN_{7.16\%} = -158215.55 + \frac{9600,00}{(1+0.0716)^1} + \frac{9888,00}{(1+0.1)^2} + \dots + \frac{16833,65}{(1+.01)^{20}}$$

$$VAN_{10\%} = -39894.52$$

TIR = "r". (Ver Ec 39)

$$-I_0 + \frac{F_1}{(1+r)^1} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+r)^n} = 0$$

$$0 = -147247.48 + \frac{9600,00}{(1+r)^1} + \frac{99888,00}{(1+r)^2} + \dots + \frac{16833,65}{(1+r)^{20}}$$

$$TIR_{7.16\%} = r = -4.03$$

Se muestra en la tabla 37. Los resultados obtenidos del cálculo del VAN y el TIR en dos escenarios: en primer caso, no se incluyó el costo por emisiones de carbono, que sí, se incluye en el segundo escenario, contando cada en escenario con dos (2) probabilidades. Comenzando a ser viable a partir del segundo escenario.

Tabla 36: Resultados del VAN y el TIR.

VAN & TIR			
Escenario nº 1 (con 20 periodos)		Escenario nº 2 (con 20 periodos)	
VAN _{6.56%}	S/. - 33483.77	VAN _{6.56%}	S/. - 22546.03
TIR _{6.56%} = r	4.03 %	TIR _{6.56%} = r	4.88%
VAN _{2.19%}	S/. 32.742.86	VAN _{2.19%}	S/. 48756.76
TIR _{2.19%} = r	4.03 %	TIR _{2.19%} = r	4.88 %

Fuente 20: Elaboración propia

3.4. Costo del kwh del SSFV – objetivo general.

Para saber el costo del kWh del sistema solar fotovoltaico diseñado se tuvo en cuenta los siguientes valores:

- El valor de la inversión inicial: S/.158905.55
- El costo de mantenimiento anual: S/. 690
- Tiempo de retorno de la inversión: 20 años

Energía eléctrica real diaria requerida por el SSFV: 35. 89343 kwh/ día

- Potencia pico módulos calculada: 8716,162 Wp
- Mes de: 30.4166 días.

- Cálculo de la energía real mensual ($EE_{\text{real mensual}}$)

$$EE_{\text{real mensual}} = EE_{\text{rd}} * \text{mes} = 35.89343 \frac{\text{kW}}{\text{día}} * 30.4166 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$$

$$EE_{\text{real mensual}} = 1091.75 \text{ kWh/mes}$$

- Cálculo de costo kWh del sistema solar fotovoltaica (Costo kw. h_{SSFV})

$$\text{Costo kw. } h_{\text{SSFV}} = \frac{\text{Inversión inicial} + \text{costo de mant.} * \text{tiempo de retorno}}{EE_{\text{real anual}} * \text{tiempo de retorno}}$$

$$\text{Costo kw. h}_{\text{SSFV}} = \frac{158515.55 \text{ S/.} + 690 \frac{\text{S/.}}{\text{año}} * 20 \text{ año}}{1091.75 \frac{\text{kwh}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} * 20 \text{ año}}$$

$$\text{Costo kw. h}_{\text{SSFV}} = 65.656 \text{ ctm. S/. /kW.h}$$

- Costo del kwh del servicio público de electricidad.

Tabla 37 pliego tarifario máximo del servicio público de electricidad.

Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad				
Empresa:	Pliego	Vigencia	Sector	Interconexión
Hidrandina	Cajamarca	4/Jun/2018	2	SEIN
BAJA TENSIÓN			UNIDAD	TARIFA Sin IGV
TARIFA BT5B TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E				
Residencial	a)	Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes		
		0 – 30 kw.h		
		Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.04
		Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	40.71
		31 - 100 kW.h		
		Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.04
		Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	12.21
		Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./kW.h	54.28
	b)	Para usuarios con consumos mayores a 100 kw.h por mes		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.19	
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	56.89	

Fuente 21: www2.osinerg.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=60000

El precio del kw.h, para usuarios con consumos mayores a 100kw.h por mes, con cargo por energía activa es, 56.89 céntimos de sol por kw.h sin incluir IGV, según el “Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad”, vigente al 4/Jun/2018, publicado, en la web de Osinergmin. (Osinergmin, 2018). Ver tabla: 38. entonces:

- Cargo por energía activa sin incluir IGV: 56.89 ctm. S/. /kW.h
- Cargo por energía activa con incluir IGV: 67.13 ctm. S/. /kW.h

3.5. Ubicación de componentes del sistema solar fotovoltaico (SSFV)

Las ilustraciones 11, 12, 13 y 14 contiene imágenes de cómo se ubicarían los componentes del SSFV si se ejecutara este proyecto:

- La ilustración once (11) muestra el generador fotovoltaico en serie paralelo-constituida por una rama de dos paneles en serie y 15 en paralelo sumando 30 paneles. Los cuales cubrirán una potencia máxima requerida de 8716.17 Wp, con una producción máxima de 9000 Wp.
- La ilustración doce (12) muestra en corte transversal la estructura metálica que alojaría el generador fotovoltaico.
- La ilustración trece (13) contiene el plano de la azotea del edificio multifamiliar donde se alojará todo el SSFV, en él también se aprecia la distribución y ubicaciones los componentes del sistema.
- La ilustración catorce (14) contiene un corte del plano de la ilustración 13 con la finalidad de poder apreciar mejor la ubicación de los componentes del SSFV como; el regulador, banco de baterías y el conversor
- La ilustración 15 & 17, contienen los esquemas del circuito eléctrico del SSFV, como quedara instalado el SSFV, desde el generador FV hasta la caja de distribución.
- La ilustración dieciséis (16) contiene el diagrama unifilar del cuadro de distribución de la ilustración 15, por medio de este cuadro se conectarán a los cuadros de distribución de cada departamento, del edificio existente.

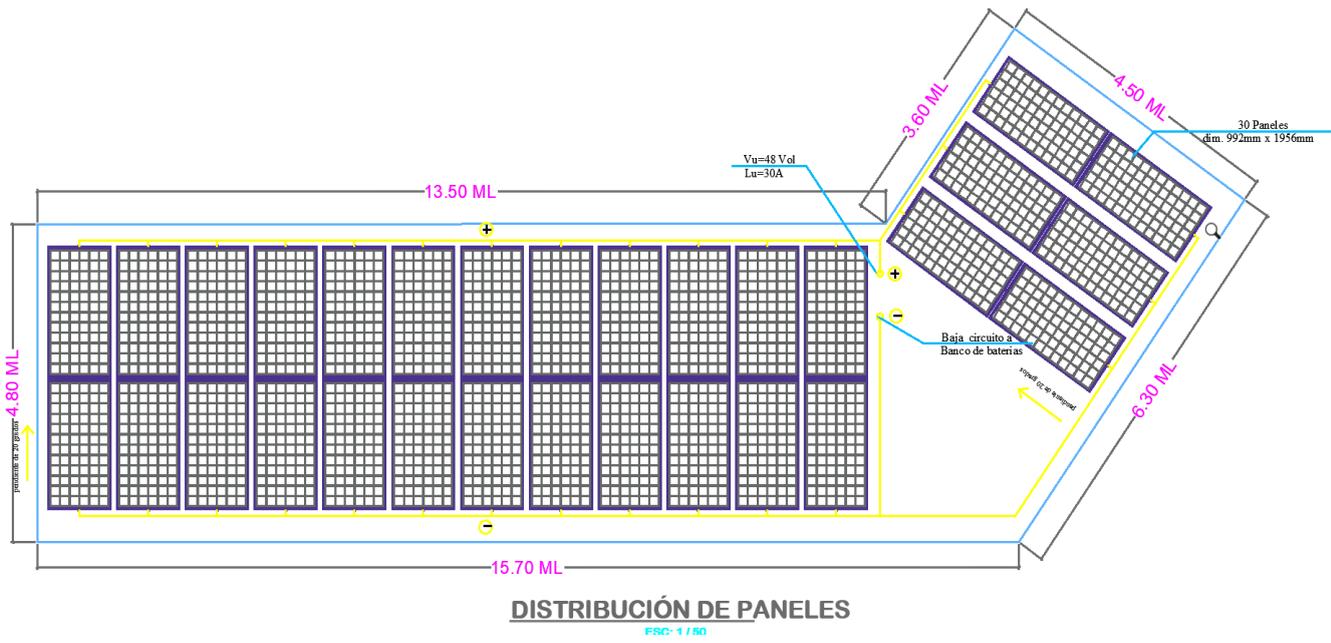


Ilustración 11: Generador de SSFV.

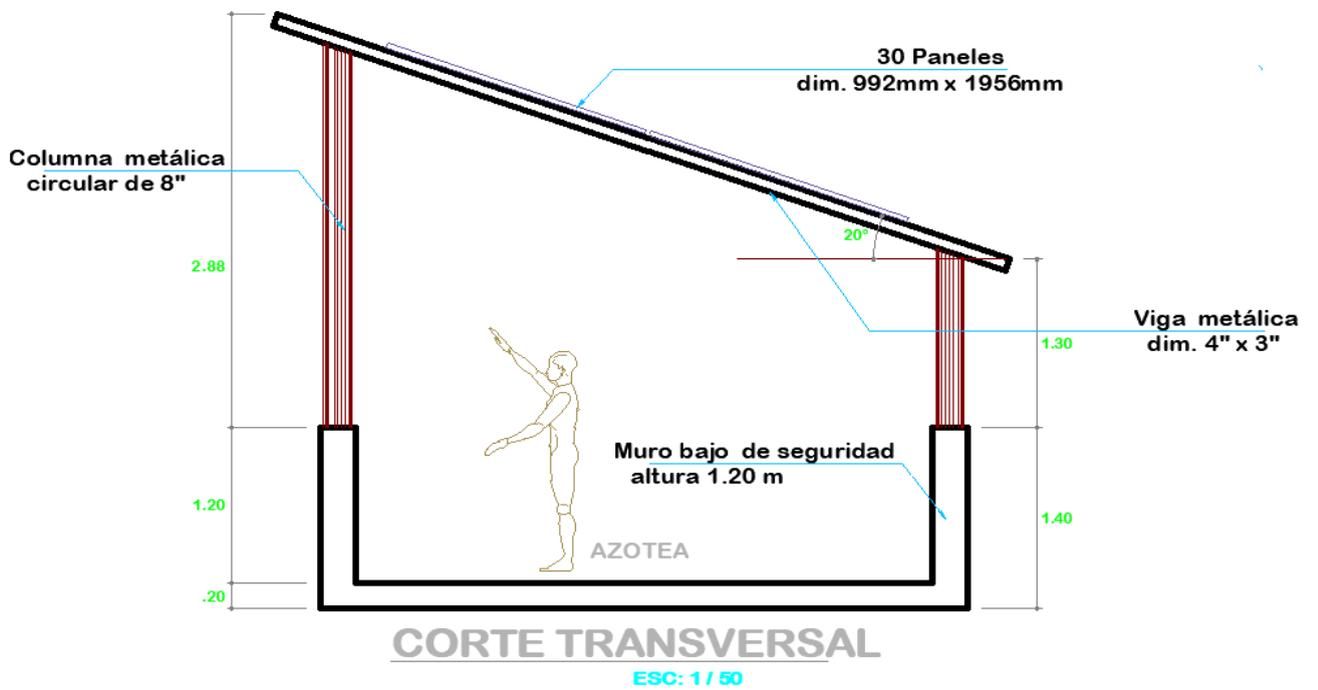


Ilustración 12: Estructura trasversal de alojamiento de generador FV.

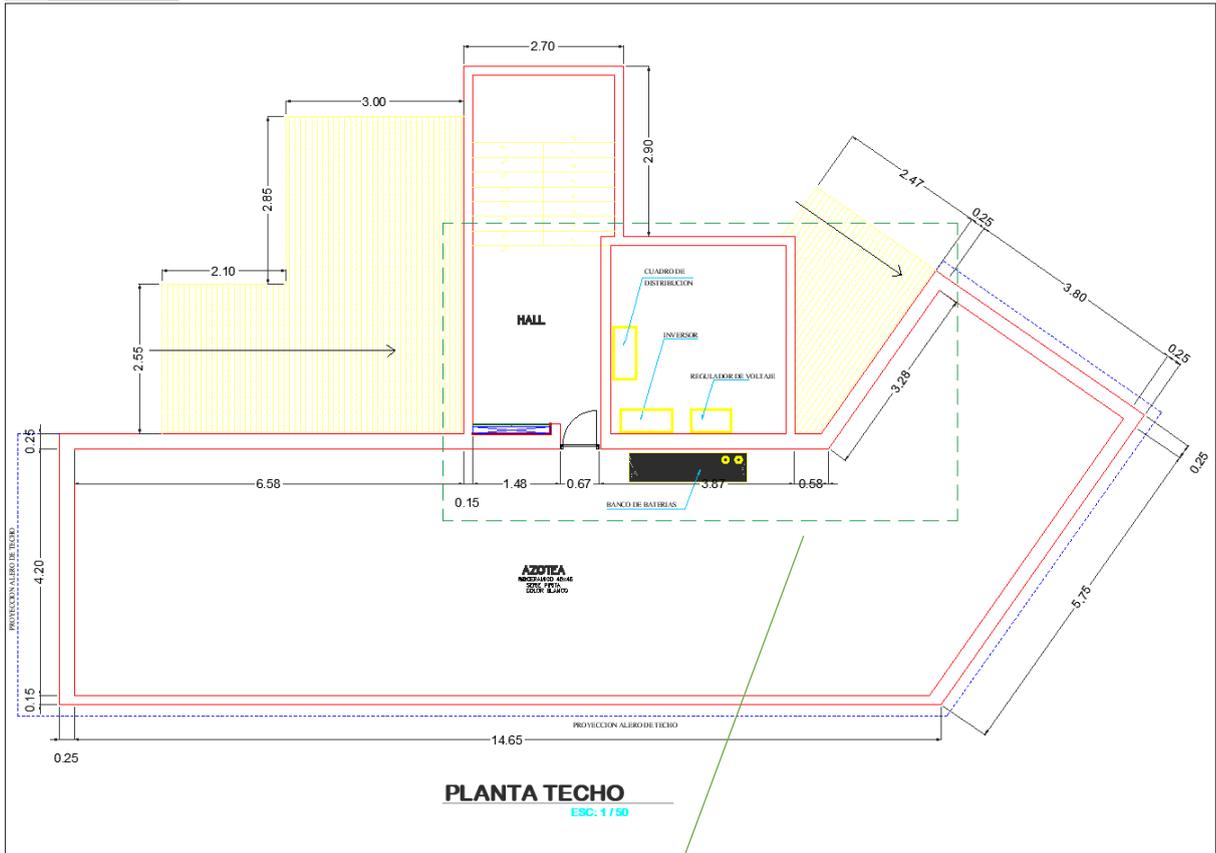


Ilustración 13: Plano de azote de edificio multifamiliar.

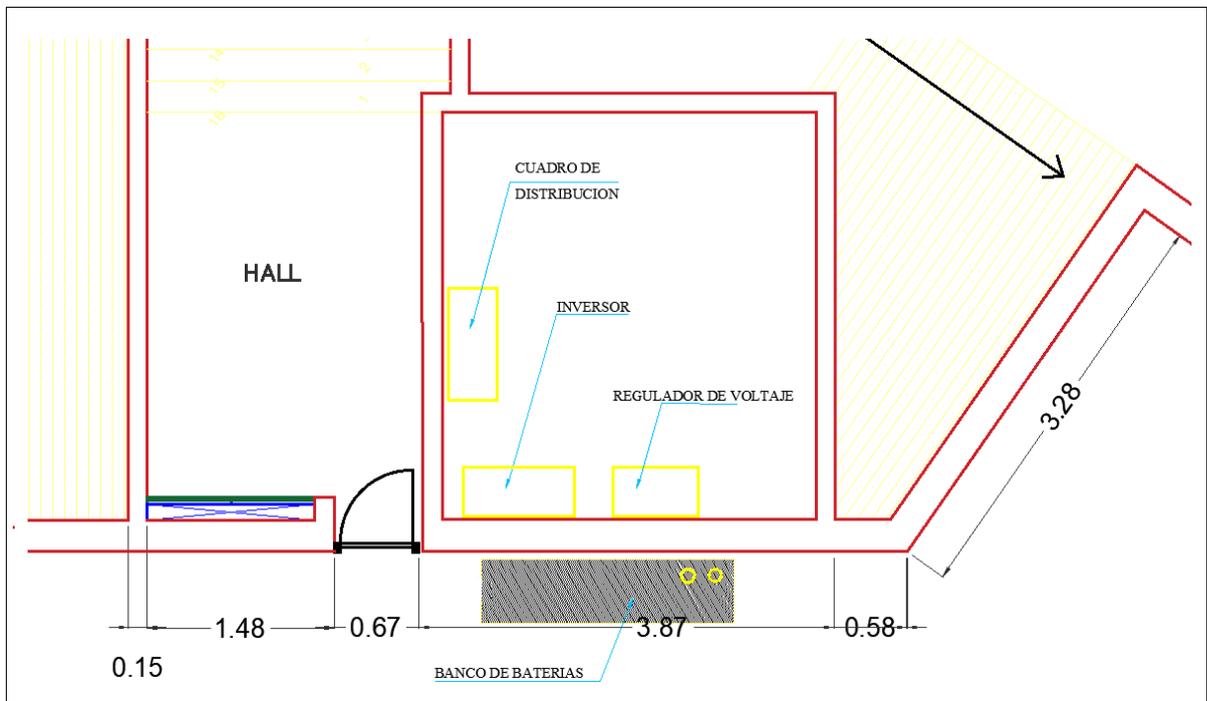


Ilustración 14: Plano, Ubicación de componentes del SSFV en azote de edificio multifamiliar

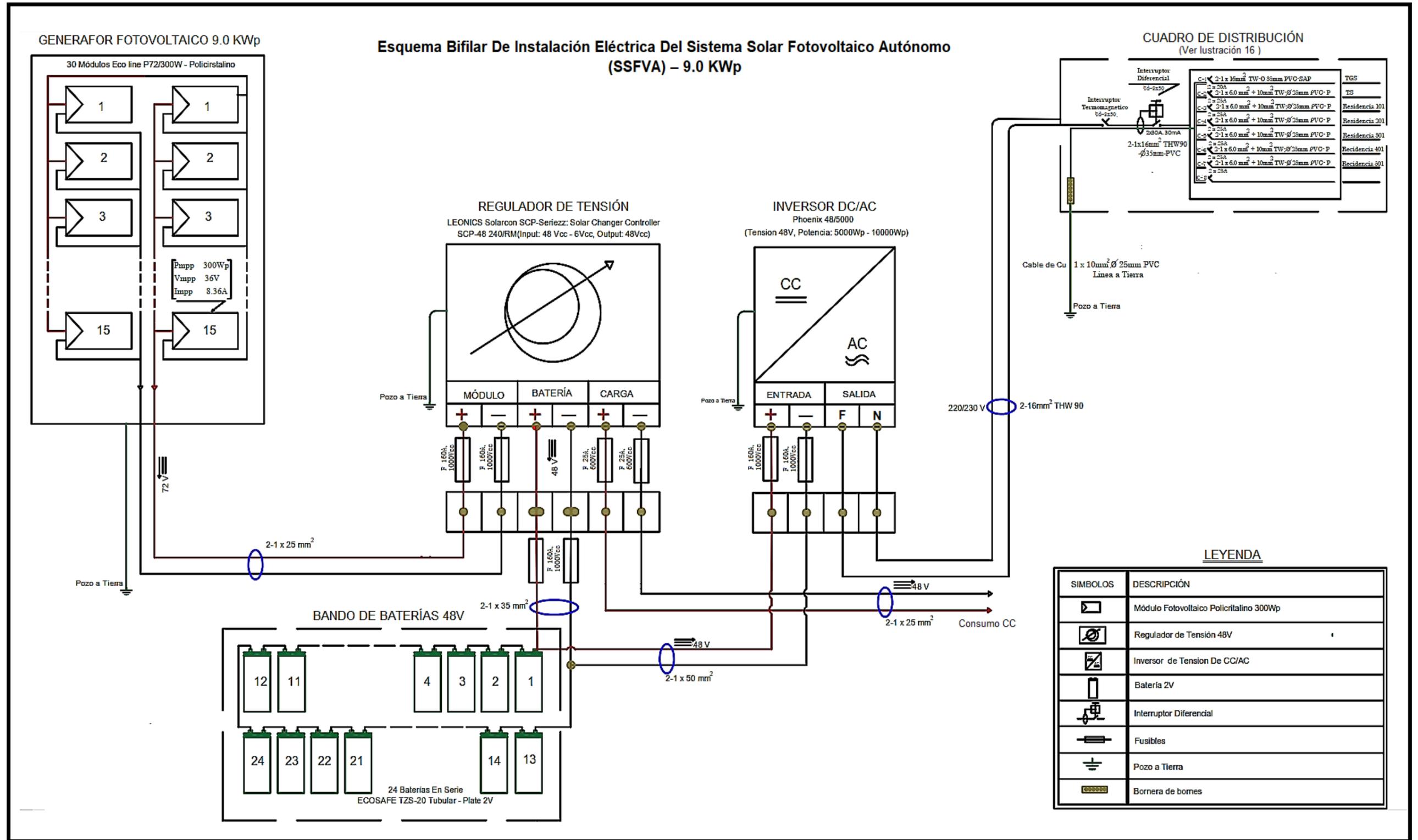


Ilustración 15: Plano de esquema bifilar de instalación eléctrica del SSFVA

DIAGRAMA UNIFILAR DE CUADRO DE DISTRIBUCIÓN

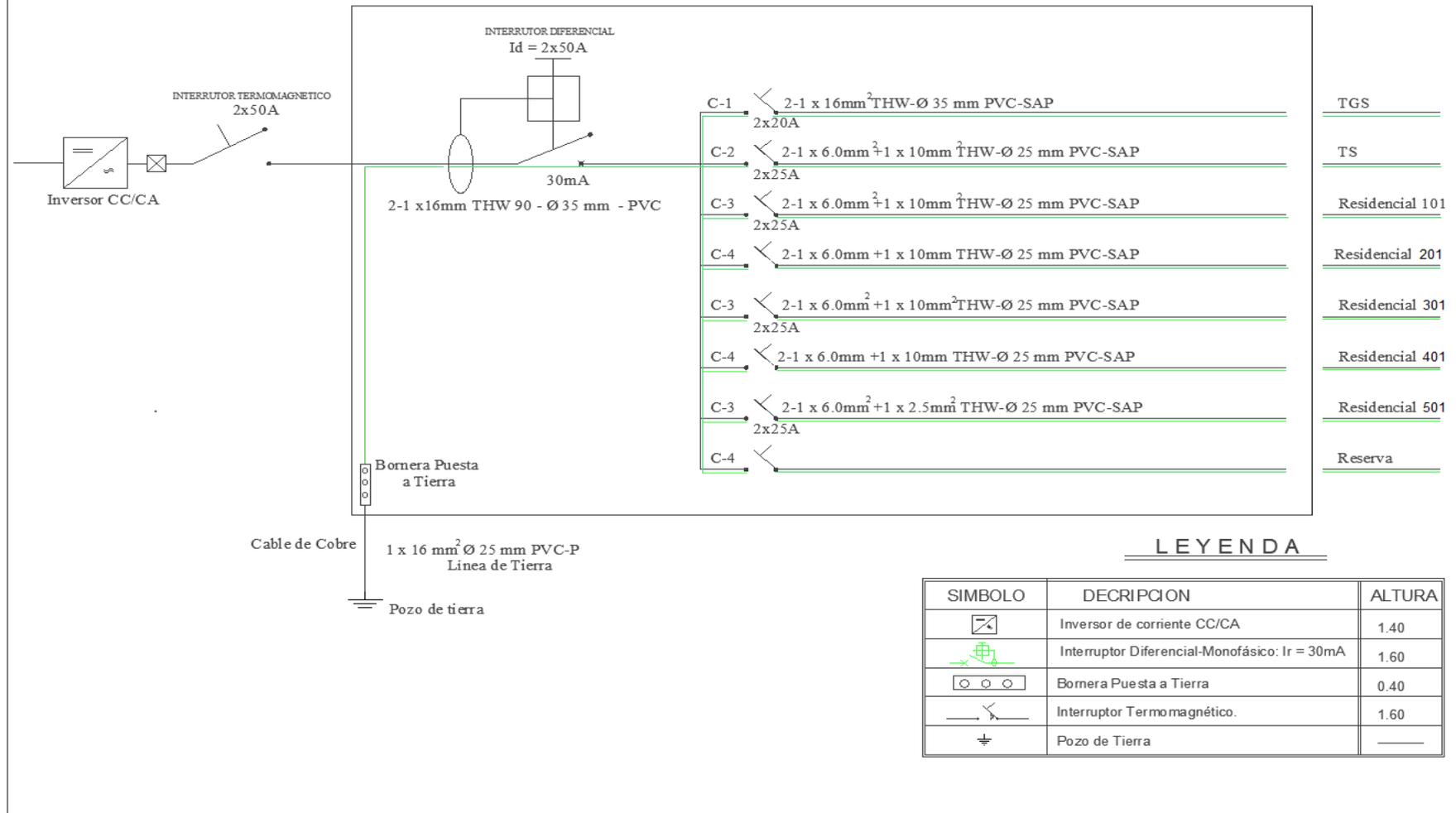


Ilustración 16: Diagrama unifilar de cuadro de distribución de ilustración 15.

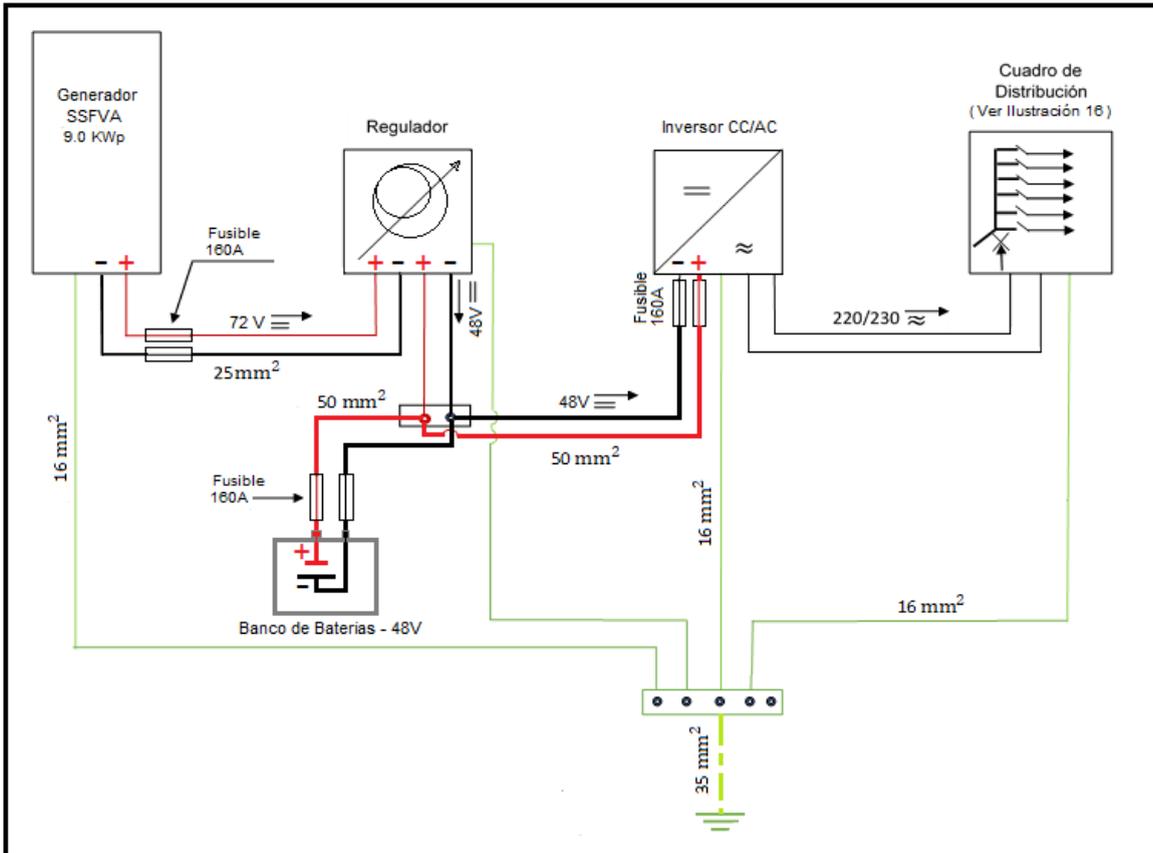


Ilustración 17: Esquema de SSFVA con conexión de puesta a tierra

4. DISCUSIÓN

4.1. Radiación - **Discusión 1**

El estudio realizado de radiación solar en el distrito de Baños del inca, Cajamarca, Perú no coincide con la radiación proporcionada por la página oficial de Nasa, ni con la de INEA, pero si se encuentra dentro del rango del atlas solar de Perú, que oscila entre; $4\text{kwh/m}^2 \cdot \text{día}$ a $6\text{kwh/m}^2 \cdot \text{día}$ para el departamento de Cajamarca, uno de las razones por las que no coincide con la proporcionada por INE, es su fuente de origen (Senamhi), la cual, su data de radiación, es un estimado. por qué el estudio fue echo para extensiones grandes, usando diferente métodos (Angstrom-Prescott, Briston-Combell y de interpolación) es por ello, que gran parte del estudio de radiación solar, realizado por Senamhi, publicado en el atlas solar de Perú fue realizando por métodos de interpolación debido a las grandes extensiones de terreno y su geografía. (SENAMHI, 2003), en el caso de nasa el tema es similar. No es posible corroborar lo mencionado comparándolo con

la literatura, que se usos como antecedente ya que ellos no tomaron en cuenta la radiación desde un escenario similar.

4.2. Propuesta para solucionar el costo del banco de baterías - Discusión 2

El banco de baterías en este proyecto fue el que demando el 67.14% de la inversión, en este caso por ser baterías estacionarias de descarga profunda de 25% y de 5200 ciclos, lo que permite asegura una larga vida al banco de batería. Para solucionar este problema se podría optar por el uso de inversores híbridos bajo el modo autoconsumo (Este modo de funcionamiento se dirige a sistemas de conexión a red - on grid - con fuentes de energía renovable, con el fin de minimizar el consumo desde la red -) peak shaving para reducir los picos de consumo y abaratar la factura eléctrica, como lo especifica la Ficha Técnica Inversor Híbrido 3kW Ingeteam Ingecon Sun Storage. Desde este escenario es posible conectarse a la red eléctrica porque no estaríamos inyectando energía a la red eléctrica, solo utilizaríamos lo que nos falta o cuando nuestro sistema no cubra la demanda necesaria y si el sistema solar fotovoltaico se excediera de lo requerido se usaría para cargar un banco de baterías que nos daría más horas de autonomía o se descarga en un sistema resistivo. Esta opción, también podía haber solucionado el problema del señor, Issa Escobar, (2013) que, en su investigación titulada, Estudio técnico - económico para la implementación masiva de sistemas solares fotovoltaicos para los estratos cinco y seis de la ciudad de Cali, que presento el mismo problema al término de su tesis.

4.3. Por qué debería ser viable el proyecto – Discusión 3

Si bien es cierto que los proyectos de energía solar fotovoltaico, para viviendas auto sustentables son viables técnicamente y en este estudio también lo es para el edificio multifamiliar ubicado en la zona urbana del distrito de Baños del Inca, Cajamarca, Perú, debido a la diversidad de modelos y marcas de componentes que existen en el mundo, que hacen posible acondicionarlos en arias no muy grandes, ya que existen de diverso tamaños y calidad de material, y por su transporte ni preocuparse. Por qué la mayoría de los proveedores ya incluye el envío los componentes hasta el lugar donde serán instalados, si no tienes mucha urgencia de su disponibilidad, todo estos hacen posible la construcción de los sistemas solares fotovoltaico. Pero el problema surge en aspecto económico

generado por uno de sus componentes; el banco de baterías que cubre el 70%, lo que cuestiona la viabilidad económica de este proyecto, a una tasa de retorno del 6.56% haciendo inviable económicamente, aun si, se gestione una certificación para vender el carbono no emitido a la atmósfera. El proyecto solo sería viable, si el inversor considera una tasa de retorno inferior al 4% más aún si se toma en cuenta la venta del carbono, se recuperaría la inversión en un tiempo de promedio de diecisiete años, no envidiable con la situación de España, después que se dio el Real Decreto 900/2015, donde cumplir con un consumo de EE mensual de 3.487 kWh se recupera la inversión en 18 años (Bank, 21).

Vale recalcar, que no se debe, descartar la ejecución de este tipo de proyectos por el hecho de no, ser viables económicamente, hay que tomar en cuenta que el dejar de producir $8.4 \text{ Tn} * \text{CO}_2/\text{año}$ implica ayudar a mitigar muertes prematuras causadas por el CO_2 , así lo especifica el estudio del laboratorio Nacional Lawrence Berkeley-EE. UU. Periodo junio 2007 - julio 2015 (Millstein, Ryan, Wiser, Bolinger, & Barbose, 2017). Así mismo hay que recordar que el planeta en que vivimos no lo hemos heredado, se nos ha dado por prestado y por respeto a ello y las futuras generaciones deberíamos intentar entregarlo mejor de lo que está.

5. CONCLUSIÓN

5.1. Conclusión - objetivo 1

- Se concluye que la radiación solar promedio anual del distrito Baños del Inca es de $4.854 \text{ kWh}/\text{m}^2 * \text{día}$ y el mes crítico junio $4.118 \text{ kWh}/\text{m}^2 * \text{día}$. Así mismo se comprobó que los datos obtenidos de la investigación se encuentran dentro del rango publicado en el atlas solar entre 4 y $6 \text{ kWh}/\text{m}^2 * \text{día}$ (radiación promedio para todo el departamento de Cajamarca)
- Se determinó que los valores anuales de radiación solar publicados por INEA con $4.47 \text{ Kwh}/\text{m}^2 * \text{día}$ (tabla 6) y NASA con $5.66 \text{ Kwh}/\text{m}^2 * \text{día}$ (tabla 7) no coinciden con esta investigación (tabla 18), por lo que se concluye que es necesario un estudio de radiación cuando no existe una estación meteorológica o la estación no cuenta con esta información.

5.2. Conclusión - Objetivo 2.

Se determinó que la potencia máxima requerida para satisfacer la demanda de energía eléctrica de los usuarios del edificio multifamiliar es de 8716.16 Wp.

5.3. Conclusión - Objetivo 3 & 4

Se determinó que los componentes del sistema solar fotovoltaico propuesto, debe estar dentro las siguientes especificaciones:

- Generador fotovoltaico con una potencia min: 6841 Wp. máx. 8716.16 Wp.
- Regulador de descarga con capacidad de procesar: 8716.1WP6 48 V, 125.1 Amp.
- Baterías con capacidad de carga de 3738 Ah (autonomía: 3 días) a una profundidad de descarga de 60%.
- Inversor con potencia mínima o intermedia de 7225.52 Watts y tensión de salida de 220/230Vol.

Se concluyó que, para cumplir con las especificaciones del sistema solar fotovoltaico propuesto, se debe utilizar los siguientes componentes.

- Modulo fotovoltaico Eco line P72/300W Policristalino (30 paneles conectados en serie paralelo, 2 en serie y 15 en paralelo).
- Regulador de voltaje LEONICS CSP- 48240
- Batería de descarga profunda ECOSAFE TZS-20 Tubular-Plate (24 baterías conectadas en serie)
- Inversor fotovoltaico Phoenix 48 Vol./5000 Wp a 10000 Wp

5.4. Conclusión - Objetivo 5

- Se concluyó que el 67.14% de la inversión corresponde a banco de baterías (constituida por baterías de descarga profunda).
- Se determinó que el proyecto técnicamente sí es viable y financieramente no es viable, considerando una tasa de retorno de 6.56% con periodo de (20) años, que dio como resultado:
 - VAN (sin CO₂) = S/ - 33483.77,
 - VAN (con CO₂) =S/ - 22546.03 y
 - TIR = 4.03%.

Este proyecto solo sería posible si el inversionista considera una tasa de retorno inferior al 4%.

- Por último, se determinó que producir un kwh, con un sistema solar fotovoltaico es más como que, comprarlo al servicio público de electricidad, por una diferencia de 1.217 ctm.S/./kw.h. de acuerdo con las estimaciones realizadas en, este estudio.

6. RECOMENDACIONES.

- Para todo proyecto, que use energía solar, es recomendable contar con un estudio de radiación solar, de preferencia de una institución que haya realizado el estudio en la zona.
- Asegurarse de tener el área adecuada para el generador fotovoltaico.

7. PROPUESTA

- Diseñar un software, que nos permita conocer la radiación real de las localidades de nuestro usando dos modalidades; uno la hora astronómica(N) y las horas de insolación real (N) o heliofanía, dos la temperatura.
- Para futuros estudios de energía solar fotovoltaica que se encuentre ubicada en lugares donde ay energía eléctrica, hacer un estudio con inversores híbridos, usando la modalidad autoconsumo, los que permite mantener la autonomía y tener como respaldo la energía eléctrica de la red (sistema on grid),con la única diferencia que no inyectaremos la energía excedente a la red. Más información en uno de los ítems de discusiones.

8. REFERENCIAS

- Issa Escobar, D. (2013). *ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN MASIVA DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA LOS EXTRACTOS CINCO Y SEIS DE LA CIUDAD DE CALI*. Tesis, Universidad Autónoma De Occidente., Santiago de Cali. Obtenido de <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/5219/1/TME01603.pdf>
- Tamayo Pacheco, J. F., Salvador Jácome, J., & Vilches Cevallos, C. M. (Edits.). (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico*. Lima, Perú: GRÁFICA BIBLOS S.A.
- "Manatechs". (09 de Mayo de 2018). *Hora de salida y puesta del sol*. (Un proyecto de compañía "Manatechs") Recuperado el 2018, de Hora de salida y puesta del sol: https://salidaypuestadelsol.com/peru/puno_15492.html
- (2006). Recuperado el 10 de 2017, de docplayer: <http://docplayer.es/15850183-Norma-tecnica-de-edificacion-em080-instalaciones-con-energia-solar.html>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (Agosto de 2006). *Evapotranspiración del cultivo* (56 ed.). Roma, Italia. doi: ISBN 92-5-304219 -2
- Balenzategui Manzanares, J. L. (1 de enero de 2007). Fundamentos de la conversión fotovoltaica: la Célula Solar. Madrid, España. Obtenido de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20215/fundamentos-de-la-conversion-fotovoltaica-la-celula-solar>
- Banco Mundial*. (01 de diciembre de 2017). (F. d. carbono, Productor) Obtenido de Banco Mundial-: <http://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/carbon-pricing>
- Bank, E. S. (2018 de 06 de 21). *SELF BANK*. (¿. p. fotovoltaicos?, Productor, & www.selfbank.es) Obtenido de <https://blog.selfbank.es/cuanto-podemos-ahorrar-con-paneles-solares-fotovoltaicos/>
- Cámara de Madrid, C. D.-C. (2004). *Energía Solar Fotovoltaica en la comunidad de Madrid* (Vol. 4ª edición). Madrid: Imprenta Modelo, S.L.
- Carrasco Baca, s. A. (2015). *Balance de Energía 2014, desde la perspectiva de supervisor*. Lima, Lima, Perú.
- Cenace. (2011). *Factor de Emisión de CO2 del sistema nacional interconectado del Ecuador al año 2011*. Quito, Ecuador.
- Chileno, M. d. (2017). *Ministerio de Energía - Gobierno Chileno*. Obtenido de Ministerio de Energía - Gobierno Chileno-Energías Renovables: <http://www.energia.gob.cl/energias-renovables>
- CIRPROTEC, S. (s.f.). Sistema de protección activa contra el rayo. Barcelona, España. Obtenido de www.cirprotec.com
- Delgado Avendaño, J. (2008). *FISICANOVA: Una Aproximación a la Realidad* (Primera ed.). Bucaramanga, Colombia: FISICANOVA.
- Economipedia. (2015). *Economipedia*. Recuperado el 6 de 11 de 2017, de Economipedia: <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Ecoportal.net*. (16 de enero de 2015). (¿. d. atmósfera?, Productor) Obtenido de <https://www.ecoportal.net/paises/estados-unidos/cuantos-dolares-cuesta-el-dano-por-cada-tonelada-de-co2-emitida-a-la-atmosfera/>
- Escobar, R., Gamio, P., Moreno, A. I., Castro, A., Cordero, V., & Vasquez, U. (2016). *Energización rural mediante el uso de energías renovables para fomentar un desarrollo integral y sostenible*. Lima -Perú: Impreso Por Gráfica Bracamonte.
- Falcón Chavez, J. (2016). *El Electrodo de Puesta a Tierra*. International Copper Association Mexico - Copper Alliance. Obtenido de <https://www.slideshare.net/MXProcobre/el-electrodo-de-puesta-a-tierra-segunda-parte-icaprocobre-mayo-2016>
- FAO. (2017). *Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura* (FAO). (M. 5. (AEFF), Productor) Recuperado el 11 de 2017, de Organización de

- las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO)- Módulos:
<http://www.fao.org/in-action/herramienta-administracion-tierras/modulo-5/guia-practica-evaluacion/introduccion-abc/es/>
- Franco Suarez, A. (2017). *Estudio prospectivo de la generación de empleo, valor agregado y reducción de emisiones por despliegue de la energía solar PV distribuida en argentina 2030*. Tesis, ITBA-Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- iea. (2015). *Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el establecimiento de políticas*. Paris: IEA PUBLICATIONS. Obtenido de www.iea.org/books
- inia. (2017). *INIA*. Recuperado el 2017, de INIA - Estaciones Experimentales - Baños del Inca - Ubicados: <http://www.inia.gob.pe/>
- John M. Kusterer. (2017). *La meteorología de superficie y la energía solar*. (CANMET - Varennes (CETC-Varennes) Recuperado el 2017, de La meteorología de superficie y la energía solar: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>
- Juárez Guerra, & Juárez Guerra, F. (Mayo de 2013). *Editores S.R.L*. Obtenido de Editores S.R.L - Revista: http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/276/finder_energia_solar_fotovoltaica
- Lazard. (15 de Diciembre de 2016). *LAZARD*. Obtenido de LAZARD-Punto de vista: <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-analysis-100/>
- Levrán, A. (2015). El reto solar - Del generador al enchufe. *ABB review*, 2/15 es. Obtenido de <http://www.abb.com/abbreview>
- Martines Espinosa, J. D. (2011). *Evaluación económica de un sistema fotovoltaica en punta arenas con diseño de emulación de potencia suministrada por paneles solares*. Universidad de Magallanes, Facultad de ingeniería, Departamento de Electricidad, Punta Arena, Chile. Obtenido de <http://docplayer.es/3949771-Universidad-de-magallanes-facultad-de-ingenieria-departamento-de-electricidad.html>
- Medina, J. (2016). *Introducción a la Ingeniería Eléctrica*. Instituto Universitario Politecnico "Santiago Mariño", Ministerio del Poder Popular para la Educación, Maturín. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/316029962/Introduccion-a-La-Ingenieria-Elctrica>
- Millstein, D., Ryan, H., Wiser, Bolinger, M., & Barbose, G. (Enero de 2017). *The Health and Environmental Benefits of Wind and Solar Energy in the United States, 2007-2015*. (L. N. Berkeley, Ed.) California, California, EEUU. Obtenido de https://emp.lbl.gov/sites/default/files/health_and_environmental_benefits_wind_solar_2007-2015_jan2017.pdf
- Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. (2016). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Madrid. doi:NPO: 280-14-241-8
- Molina Castañeda, J. E. (2004). *CRITERIOS PARA SELECCIÓN, DISEÑO, MONTAJE Y COMPARACIÓN DE COSTOS EN PARARRAYOS PARA EDIFICACIONES APLICADOS EN GUATEMALA*. Guatemala.
- Osinermin. (4 de Junio de 2018). *Osinermin*. Obtenido de <http://www2.osinerg.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=60000>
- Pérez Garrido, D. O. (2009). *Análisis de un Sistema de iluminación, Utilizando Ampolletas de Bajo Consumo y Alimentando Por Paneles Fotovoltaicos*. Tesis, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencia de la Ingeniería, Valdivia. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcip434a/doc/bmfcip434a.pdf>
- Perpiñán Lamiguiro, O. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica*. (4. E. Commons, Ed.) España. Obtenido de <https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>
- Prat Viñas, L. (s.f.). *Dimensionamiento De Sistemas FotoVoltaicos*. Universidad Plitécnica de Catalunya, Departamento de Ingeniería Electrónica, Barcelona. Recuperado el

- 14 de 4 de 2018, de <http://docplayer.es/6056228-Dimensionado-de-sistemas-fotovoltaicos.html>
- Pulsolar. (20 de octubre de 2012). Fabricación de placas solares Solarworld. *Fabricación de placas solares Solarworld - 2 Celulas - Pulsolar*, 2. Alemania. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=0_J5FPtRNk
- PVPS, A. (2016). *AIE PVPS TENDENCIAS EN 2016 aplicaciones fotovoltaicas*. IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. doi:ISBN 978-3-906042-45-9
- REN21. (2016). *ENERGÍAS RENOVABLES 2016 - Reporte de la situación mundial*. REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Paris Francia: REN21 Secretariat, Paris, France. Obtenido de www.ren21.net/gsr
- Sánchez, R., & Bernie, J. (2012). *Estudio de Factividad en la Implementación de un Sistema Basado en paneles Fotovoltaicos Para Reducir el consumo de Energía Eléctrica en la Facultad de Ingeniería U.C.V.* Tesis, Caracas. Obtenido de <http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/4287/1/Tesis%20000020-2012.pdf>
- Schallenberg Rodríguez, J. c., Piernavieja Izquierdo, G., Hernández Rodríguez, C., Unmunzag Falcón, P., García Déniz, R., Díaz Torres, M., . . . Subiela Ortin, V. (2008). *Energías Renovables y eficiencia energética*. Canarias. Obtenido de <http://greenpeace.org/>
- SENAMHI. (2003). *Atlas de energía solar del Perú*. Lima.
- SunFields. (2015). *SunFields*. (M. f. fundamentales, Productor) Obtenido de SunFields-Noticias-articulos: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-parametros-fundamentales/>
- SunFields Europe. (29 de julio de 2016). *SunFields*. (E. s. fotovoltaico, Productor) Recuperado el 27 de 10 de 2017, de SunFields-Articulos: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-solares-ondulador-o-inversor-fotovoltaico/>
- UNEF. (2016). *El tiempo de la energía solar fotovoltaica*. Madrid, España: Impresion: Jomagar.
- Vásquez Cordano, A. L., Tamayo Pacheco, J. F., & Salvador Jácome, J. (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático*. Osinergmin. Lima-Perú (Primera Edición ed.). Lima, Lima, Perú: GRÁFICA BIBLIOS S.A. Recuperado el 06 de 24 de 2018
- Wiki`pedia. (s.f.). (Rayo, Productor) Recuperado el 01 de 06 de 2018, de <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Rayo>

ANEXO

Anexo 1

Tabla 38. Número de día en el año (

Número de día en el año (J)						
$J = \text{NUMERO ENTERO} * \left(\frac{275 * M}{9} - 30 + D \right) - 2$						(Ec. 3)
<i>Día</i>	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Marzo*</i>	<i>Abril*</i>	<i>Mayo*</i>	<i>Junio</i>
1	1	32	60	91	121	152
2	2	33	61	92	122	153
3	3	34	62	93	123	154
4	4	35	63	94	124	155
5	5	36	64	95	125	156
6	6	37	65	96	126	157
7	7	38	66	97	127	158
8	8	39	67	98	128	159
9	9	40	68	99	129	160
10	10	41	69	100	130	161
11	11	42	70	101	131	162
12	12	43	71	102	132	163
13	13	44	72	103	133	164
14	14	45	73	104	134	165
15	15	46	74	105	135	166
16	16	47	75	106	136	167
17	17	48	76	107	137	168
18	18	49	77	108	138	169
19	19	50	78	109	139	170
20	20	51	79	110	140	171
21	21	52	80	111	141	172
22	22	53	81	112	142	173
23	23	54	82	113	143	174
24	24	55	83	114	144	175
25	25	56	84	115	145	176
26	26	57	85	116	146	177
27	27	58	86	117	147	178
28	28	59	87	118	148	179
29	29	(60)	88	119	149	180
30	30	-	89	120	150	181
31	31	-	90	-	151	-

Tabla 39.(continuación Número de día en el año (J))

Día	Julio*	Agosto*	Septiembre*	Octubre*	Noviembre*	Diciembre*
1	182	213	244	1	305	335
2	183	214	245	275	306	336
3	184	215	246	276	307	337
4	185	216	247	277	308	338
5	186	217	248	278	309	339
6	187	218	249	279	310	340
7	188	219	250	280	311	341
8	189	220	251	281	312	342
9	190	221	252	282	313	343
10	191	222	253	283	314	344
11	192	223	254	284	315	345
12	193	224	255	285	316	346
13	194	225	256	286	317	347
14	195	226	257	287	318	348
15	196	227	258	288	319	349
16	197	228	259	289	320	350
17	198	229	260	290	321	351
18	199	230	261	291	322	352
19	200	231	262	292	323	353
20	201	232	263	293	324	354
21	202	233	264	294	325	355
22	203	234	265	295	326	356
23	204	235	266	296	327	357
24	205	236	267	297	328	358
25	206	237	268	298	329	359
26	207	238	269	299	330	360
27	208	239	270	300	331	361
28	209	240	271	301	332	362
29	210	241	272	302	333	363
30	211	242	273	303	334	364
31	212	243	-	304	-	365

Anexo 2

Tabla 40. Tabla de cálculos de periodo (horario mayo 2017 – mayo 2018), Cajamarca ciudad

2017 -2018	SOL					crepúsculo astronómico					
	salida	cenit	puesta	horas de sol (N)		crepúsculo náutico			crepúsculo civil		
9 de mayo	06:17:18	12:11:44	18:06:11	11:48:52	-0:17	05:05:02	05:30:14	05:55:29	18:28:00	18:53:15	19:18:26
10 de mayo	06:17:25	12:11:43	18:06:01	11:48:35	-0:17	05:05:03	05:30:17	05:55:34	18:27:52	18:53:09	19:18:23
11 de mayo	06:17:32	12:11:42	18:05:52	11:48:19	-0:16	05:05:04	05:30:20	05:55:39	18:27:45	18:53:04	19:18:20
12 de mayo	06:17:40	12:11:42	18:05:44	11:48:02	-0:17	05:05:06	05:30:24	05:55:45	18:27:38	18:53:00	19:18:18
13 de mayo	06:17:48	12:11:42	18:05:36	11:47:47	-0:15	05:05:08	05:30:28	05:55:52	18:27:32	18:52:56	19:18:16
14 de mayo	06:17:57	12:11:43	18:05:29	11:47:30	-0:17	05:05:11	05:30:33	05:55:59	18:27:27	18:52:53	19:18:15
15 de mayo	06:18:06	12:11:44	18:05:22	11:47:16	-0:14	05:05:14	05:30:38	05:56:06	18:27:23	18:52:50	19:18:15
16 de mayo	06:18:15	12:11:46	18:05:17	11:47:00	-0:16	05:05:17	05:30:44	05:56:13	18:27:19	18:52:49	19:18:15
17 de mayo	06:18:25	12:11:49	18:05:12	11:46:45	-0:15	05:05:21	05:30:50	05:56:21	18:27:16	18:52:47	19:18:16
18 de mayo	06:18:35	12:11:51	18:05:08	11:46:32	-0:13	05:05:25	05:30:56	05:56:30	18:27:13	18:52:47	19:18:17
19 de mayo	06:18:46	12:11:55	18:05:04	11:46:17	-0:15	05:05:30	05:31:02	05:56:38	18:27:11	18:52:47	19:18:20
20 de mayo	06:18:57	12:11:59	18:05:01	11:46:03	-0:14	05:05:35	05:31:10	05:56:47	18:27:10	18:52:48	19:18:22
21 de mayo	06:19:08	12:12:03	18:04:59	11:45:50	-0:13	05:05:41	05:31:17	05:56:57	18:27:10	18:52:49	19:18:26
22 de mayo	06:19:19	12:12:08	18:04:57	11:45:37	-0:13	05:05:46	05:31:25	05:57:06	18:27:10	18:52:51	19:18:30
23 de mayo	06:19:31	12:12:13	18:04:56	11:45:24	-0:13	05:05:53	05:31:33	05:57:16	18:27:10	18:52:54	19:18:34
24 de mayo	06:19:43	12:12:19	18:04:56	11:45:12	-0:12	05:05:59	05:31:41	05:57:27	18:27:12	18:52:57	19:18:39
25 de mayo	06:19:55	12:12:25	18:04:56	11:45:00	-0:12	05:06:06	05:31:50	05:57:37	18:27:14	18:53:01	19:18:45
26 de mayo	06:20:07	12:12:32	18:04:57	11:44:49	-0:11	05:06:14	05:31:59	05:57:48	18:27:16	18:53:05	19:18:51
27 de mayo	06:20:20	12:12:39	18:04:58	11:44:38	-0:11	05:06:21	05:32:09	05:57:59	18:27:19	18:53:10	19:18:57
28 de mayo	06:20:33	12:12:47	18:05:00	11:44:26	-0:12	05:06:29	05:32:18	05:58:11	18:27:23	18:53:15	19:19:04
29 de mayo	06:20:46	12:12:55	18:05:03	11:44:16	-0:10	05:06:38	05:32:28	05:58:22	18:27:27	18:53:21	19:19:11
30 de mayo	06:20:59	12:13:03	18:05:06	11:44:07	-0:09	05:06:46	05:32:39	05:58:34	18:27:31	18:53:27	19:19:19
31 de mayo	06:21:13	12:13:11	18:05:10	11:43:57	-0:10	05:06:55	05:32:49	05:58:46	18:27:37	18:53:34	19:19:27
1 de junio	06:21:26	12:13:20	18:05:15	11:43:48	-0:09	05:07:05	05:33:00	05:58:59	18:27:42	18:53:41	19:19:36
2 de junio	06:21:40	12:13:30	18:05:20	11:43:39	-0:09	05:07:14	05:33:11	05:59:11	18:27:49	18:53:48	19:19:45
3 de junio	06:21:54	12:13:39	18:05:25	11:43:30	-0:09	05:07:24	05:33:22	05:59:24	18:27:55	18:53:56	19:19:54
4 de junio	06:22:08	12:13:49	18:05:31	11:43:22	-0:08	05:07:34	05:33:34	05:59:36	18:28:02	18:54:05	19:20:04
5 de junio	06:22:22	12:13:59	18:05:37	11:43:15	-0:07	05:07:45	05:33:45	05:59:49	18:28:10	18:54:14	19:20:14
6 de junio	06:22:35	12:14:10	18:05:44	11:43:08	-0:07	05:07:55	05:33:57	06:00:02	18:28:18	18:54:23	19:20:24
7 de junio	06:22:50	12:14:21	18:05:52	11:43:02	-0:06	05:08:06	05:34:09	06:00:15	18:28:26	18:54:32	19:20:35
8 de junio	06:23:04	12:14:32	18:06:00	11:42:55	-0:07	05:08:17	05:34:21	06:00:28	18:28:35	18:54:42	19:20:46
9 de junio	06:23:18	12:14:43	18:06:08	11:42:50	-0:05	05:08:29	05:34:33	06:00:41	18:28:44	18:54:52	19:20:57
10 de junio	06:23:31	12:14:54	18:06:17	11:42:44	-0:06	05:08:40	05:34:46	06:00:55	18:28:54	18:55:02	19:21:08
11 de junio	06:23:45	12:15:06	18:06:26	11:42:39	-0:05	05:08:52	05:34:58	06:01:08	18:29:03	18:55:13	19:21:19
12 de junio	06:23:59	12:15:17	18:06:35	11:42:35	-0:04	05:09:03	05:35:11	06:01:21	18:29:13	18:55:24	19:21:31
13 de junio	06:24:13	12:15:29	18:06:45	11:42:31	-0:04	05:09:15	05:35:23	06:01:34	18:29:24	18:55:35	19:21:43
14 de junio	06:24:27	12:15:41	18:06:55	11:42:28	-0:03	05:09:27	05:35:36	06:01:47	18:29:35	18:55:46	19:21:55
15 de junio	06:24:40	12:15:53	18:07:06	11:42:25	-0:03	05:09:39	05:35:48	06:02:00	18:29:46	18:55:58	19:22:07
16 de junio	06:24:53	12:16:05	18:07:17	11:42:23	-0:02	05:09:51	05:36:01	06:02:13	18:29:57	18:56:09	19:22:19
17 de junio	06:25:07	12:16:17	18:07:28	11:42:20	-0:03	05:10:04	05:36:13	06:02:26	18:30:08	18:56:21	19:22:31
18 de junio	06:25:20	12:16:29	18:07:39	11:42:19	-0:01	05:10:16	05:36:26	06:02:39	18:30:20	18:56:33	19:22:43

19 de junio	06:25:32	12:16:42	18:07:51	11:42:18	-0:01	05:10:28	05:36:38	06:02:52	18:30:32	18:56:45	19:22:55
20 de junio	06:25:45	12:16:54	18:08:03	11:42:17	-0:01	05:10:40	05:36:50	06:03:04	18:30:44	18:56:57	19:23:08
21 de junio	06:25:57	12:17:06	18:08:15	11:42:17	+0:00	05:10:52	05:37:03	06:03:16	18:30:56	18:57:10	19:23:20
22 de junio	06:26:09	12:17:18	18:08:27	11:42:18	+0:01	05:11:05	05:37:15	06:03:28	18:31:08	18:57:22	19:23:32
23 de junio	06:26:21	12:17:30	18:08:40	11:42:19	+0:01	05:11:17	05:37:27	06:03:40	18:31:21	18:57:34	19:23:44
24 de junio	06:26:32	12:17:42	18:08:53	11:42:19	+0:00	05:11:29	05:37:39	06:03:52	18:31:33	18:57:46	19:23:56
25 de junio	06:26:43	12:17:54	18:09:05	11:42:21	+0:02	05:11:41	05:37:50	06:04:03	18:31:46	18:57:58	19:24:08
26 de junio	06:26:54	12:18:06	18:09:18	11:42:24	+0:03	05:11:52	05:38:02	06:04:14	18:31:58	18:58:11	19:24:20
27 de junio	06:27:04	12:18:18	18:09:31	11:42:26	+0:02	05:12:04	05:38:13	06:04:25	18:32:11	18:58:23	19:24:32
28 de junio	06:27:14	12:18:29	18:09:44	11:42:30	+0:04	05:12:16	05:38:24	06:04:35	18:32:24	18:58:35	19:24:43
29 de junio	06:27:24	12:18:41	18:09:58	11:42:33	+0:03	05:12:27	05:38:34	06:04:45	18:32:36	18:58:47	19:24:54
30 de junio	06:27:33	12:18:52	18:10:11	11:42:37	+0:04	05:12:38	05:38:45	06:04:55	18:32:49	18:58:59	19:25:06
1 de julio	06:27:42	12:19:03	18:10:24	11:42:42	+0:05	05:12:49	05:38:55	06:05:04	18:33:01	18:59:11	19:25:17
2 de julio	06:27:50	12:19:13	18:10:37	11:42:46	+0:04	05:12:59	05:39:05	06:05:13	18:33:14	18:59:22	19:25:28
3 de julio	06:27:57	12:19:24	18:10:50	11:42:52	+0:06	05:13:10	05:39:14	06:05:22	18:33:26	18:59:34	19:25:38
4 de julio	06:28:05	12:19:34	18:11:04	11:42:58	+0:06	05:13:20	05:39:23	06:05:30	18:33:38	18:59:45	19:25:48
5 de julio	06:28:12	12:19:44	18:11:17	11:43:04	+0:06	05:13:30	05:39:32	06:05:38	18:33:51	18:59:56	19:25:58
6 de julio	06:28:18	12:19:54	18:11:30	11:43:11	+0:07	05:13:39	05:39:40	06:05:45	18:34:03	19:00:07	19:26:08
7 de julio	06:28:23	12:20:03	18:11:43	11:43:18	+0:07	05:13:48	05:39:48	06:05:52	18:34:14	19:00:18	19:26:18
8 de julio	06:28:29	12:20:12	18:11:55	11:43:26	+0:08	05:13:57	05:39:56	06:05:58	18:34:26	19:00:28	19:26:27
9 de julio	06:28:33	12:20:21	18:12:08	11:43:34	+0:08	05:14:05	05:40:03	06:06:04	18:34:38	19:00:38	19:26:36
10 de julio	06:28:37	12:20:29	18:12:21	11:43:42	+0:08	05:14:13	05:40:09	06:06:09	18:34:49	19:00:48	19:26:44
11 de julio	06:28:41	12:20:37	18:12:33	11:43:51	+0:09	05:14:21	05:40:16	06:06:14	18:35:00	19:00:58	19:26:53
12 de julio	06:28:44	12:20:44	18:12:45	11:44:00	+0:09	05:14:28	05:40:21	06:06:18	18:35:11	19:01:07	19:27:00
13 de julio	06:28:46	12:20:51	18:12:57	11:44:10	+0:10	05:14:35	05:40:26	06:06:21	18:35:21	19:01:16	19:27:08
14 de julio	06:28:47	12:20:58	18:13:09	11:44:20	+0:10	05:14:41	05:40:31	06:06:24	18:35:32	19:01:25	19:27:15
15 de julio	06:28:48	12:21:04	18:13:20	11:44:31	+0:11	05:14:47	05:40:35	06:06:27	18:35:42	19:01:33	19:27:22
16 de julio	06:28:49	12:21:10	18:13:31	11:44:42	+0:11	05:14:52	05:40:38	06:06:28	18:35:51	19:01:41	19:27:28
17 de julio	06:28:48	12:21:15	18:13:42	11:44:53	+0:11	05:14:57	05:40:41	06:06:30	18:36:01	19:01:49	19:27:34
18 de julio	06:28:47	12:21:20	18:13:53	11:45:04	+0:11	05:15:01	05:40:44	06:06:30	18:36:10	19:01:56	19:27:39
19 de julio	06:28:46	12:21:24	18:14:03	11:45:16	+0:12	05:15:04	05:40:46	06:06:30	18:36:19	19:02:03	19:27:45
20 de julio	06:28:43	12:21:28	18:14:13	11:45:29	+0:13	05:15:07	05:40:47	06:06:29	18:36:27	19:02:10	19:27:49
21 de julio	06:28:40	12:21:32	18:14:23	11:45:42	+0:13	05:15:10	05:40:47	06:06:28	18:36:35	19:02:16	19:27:54
22 de julio	06:28:37	12:21:34	18:14:32	11:45:55	+0:13	05:15:11	05:40:47	06:06:26	18:36:43	19:02:22	19:27:57
23 de julio	06:28:32	12:21:37	18:14:41	11:46:08	+0:13	05:15:13	05:40:46	06:06:23	18:36:50	19:02:27	19:28:01
24 de julio	06:28:27	12:21:38	18:14:50	11:46:22	+0:14	05:15:13	05:40:45	06:06:20	18:36:57	19:02:32	19:28:04
25 de julio	06:28:21	12:21:40	18:14:58	11:46:36	+0:14	05:15:13	05:40:43	06:06:16	18:37:03	19:02:36	19:28:06
26 de julio	06:28:15	12:21:40	18:15:06	11:46:51	+0:15	05:15:12	05:40:40	06:06:11	18:37:09	19:02:40	19:28:08
27 de julio	06:28:07	12:21:40	18:15:13	11:47:05	+0:14	05:15:11	05:40:37	06:06:06	18:37:15	19:02:44	19:28:10
28 de julio	06:27:59	12:21:40	18:15:20	11:47:20	+0:15	05:15:09	05:40:33	06:06:00	18:37:20	19:02:47	19:28:11
29 de julio	06:27:51	12:21:39	18:15:27	11:47:36	+0:16	05:15:06	05:40:28	06:05:53	18:37:25	19:02:50	19:28:11
30 de julio	06:27:41	12:21:37	18:15:33	11:47:51	+0:15	05:15:03	05:40:22	06:05:45	18:37:29	19:02:52	19:28:11
31 de julio	06:27:31	12:21:35	18:15:39	11:48:07	+0:16	05:14:59	05:40:16	06:05:37	18:37:33	19:02:54	19:28:11
1 de agosto	06:27:20	12:21:32	18:15:44	11:48:23	+0:16	05:14:54	05:40:09	06:05:28	18:37:36	19:02:55	19:28:10
2 de agosto	06:27:09	12:21:29	18:15:49	11:48:40	+0:17	05:14:48	05:40:02	06:05:18	18:37:39	19:02:56	19:28:09
3 de agosto	06:26:56	12:21:25	18:15:53	11:48:56	+0:16	05:14:42	05:39:53	06:05:08	18:37:42	19:02:56	19:28:07
4 de agosto	06:26:43	12:21:20	18:15:57	11:49:13	+0:17	05:14:35	05:39:44	06:04:56	18:37:44	19:02:56	19:28:05

5 de agosto	06:26:29	12:21:15	18:16:01	11:49:31	+0:18	05:14:27	05:39:34	06:04:44	18:37:46	19:02:56	19:28:03
6 de agosto	06:26:15	12:21:09	18:16:04	11:49:48	+0:17	05:14:19	05:39:24	06:04:32	18:37:47	19:02:55	19:28:00
7 de agosto	06:26:00	12:21:03	18:16:06	11:50:06	+0:18	05:14:10	05:39:12	06:04:18	18:37:47	19:02:53	19:27:56
8 de agosto	06:25:44	12:20:56	18:16:08	11:50:23	+0:17	05:14:00	05:39:00	06:04:04	18:37:47	19:02:51	19:27:52
9 de agosto	06:25:27	12:20:48	18:16:10	11:50:41	+0:18	05:13:49	05:38:48	06:03:50	18:37:47	19:02:49	19:27:48
10 de agosto	06:25:10	12:20:40	18:16:11	11:51:00	+0:19	05:13:38	05:38:34	06:03:34	18:37:46	19:02:46	19:27:43
11 de agosto	06:24:52	12:20:32	18:16:11	11:51:19	+0:19	05:13:25	05:38:20	06:03:18	18:37:45	19:02:43	19:27:38
12 de agosto	06:24:33	12:20:22	18:16:11	11:51:38	+0:19	05:13:12	05:38:05	06:03:01	18:37:44	19:02:39	19:27:32
13 de agosto	06:24:14	12:20:12	18:16:11	11:51:57	+0:19	05:12:59	05:37:50	06:02:43	18:37:41	19:02:35	19:27:26
14 de agosto	06:23:54	12:20:02	18:16:10	11:52:16	+0:19	05:12:44	05:37:33	06:02:25	18:37:39	19:02:31	19:27:19
15 de agosto	06:23:33	12:19:51	18:16:09	11:52:35	+0:19	05:12:29	05:37:16	06:02:06	18:37:36	19:02:26	19:27:13
16 de agosto	06:23:11	12:19:39	18:16:07	11:52:54	+0:19	05:12:13	05:36:58	06:01:46	18:37:32	19:02:20	19:27:05
17 de agosto	06:22:49	12:19:27	18:16:05	11:53:14	+0:20	05:11:57	05:36:40	06:01:26	18:37:28	19:02:14	19:26:58
18 de agosto	06:22:27	12:19:15	18:16:02	11:53:35	+0:21	05:11:39	05:36:21	06:01:05	18:37:24	19:02:08	19:26:50
19 de agosto	06:22:03	12:19:01	18:15:59	11:53:55	+0:20	05:11:21	05:36:01	06:00:43	18:37:19	19:02:02	19:26:41
20 de agosto	06:21:40	12:18:48	18:15:56	11:54:15	+0:20	05:11:02	05:35:40	06:00:21	18:37:14	19:01:55	19:26:33
21 de agosto	06:21:15	12:18:33	18:15:52	11:54:36	+0:21	05:10:43	05:35:19	05:59:58	18:37:09	19:01:47	19:26:24
22 de agosto	06:20:50	12:18:19	18:15:47	11:54:56	+0:20	05:10:23	05:34:57	05:59:35	18:37:03	19:01:40	19:26:14
23 de agosto	06:20:24	12:18:03	18:15:42	11:55:17	+0:21	05:10:02	05:34:35	05:59:10	18:36:56	19:01:32	19:26:05
24 de agosto	06:19:58	12:17:48	18:15:37	11:55:38	+0:21	05:09:40	05:34:12	05:58:46	18:36:50	19:01:23	19:25:55
25 de agosto	06:19:31	12:17:31	18:15:31	11:55:59	+0:21	05:09:18	05:33:48	05:58:20	18:36:42	19:01:15	19:25:45
26 de agosto	06:19:04	12:17:15	18:15:25	11:56:20	+0:21	05:08:55	05:33:24	05:57:55	18:36:35	19:01:06	19:25:34
27 de agosto	06:18:36	12:16:58	18:15:19	11:56:42	+0:22	05:08:32	05:32:59	05:57:28	18:36:27	19:00:57	19:25:24
28 de agosto	06:18:08	12:16:40	18:15:12	11:57:03	+0:21	05:08:07	05:32:33	05:57:01	18:36:19	19:00:47	19:25:13
29 de agosto	06:17:39	12:16:22	18:15:05	11:57:25	+0:22	05:07:43	05:32:07	05:56:34	18:36:11	19:00:37	19:25:02
30 de agosto	06:17:10	12:16:04	18:14:58	11:57:46	+0:21	05:07:17	05:31:41	05:56:06	18:36:02	19:00:27	19:24:51
31 de agosto	06:16:41	12:15:45	18:14:50	11:58:08	+0:22	05:06:51	05:31:13	05:55:37	18:35:53	19:00:17	19:24:39
1 de septiembre	06:16:11	12:15:26	18:14:42	11:58:31	+0:23	05:06:25	05:30:46	05:55:08	18:35:44	19:00:07	19:24:28
2 de septiembre	06:15:40	12:15:07	18:14:33	11:58:52	+0:21	05:05:58	05:30:17	05:54:39	18:35:35	18:59:56	19:24:16
3 de septiembre	06:15:09	12:14:47	18:14:25	11:59:15	+0:23	05:05:30	05:29:49	05:54:09	18:35:25	18:59:45	19:24:04
4 de septiembre	06:14:38	12:14:27	18:14:16	11:59:37	+0:22	05:05:02	05:29:20	05:53:39	18:35:15	18:59:34	19:23:52
5 de septiembre	06:14:07	12:14:07	18:14:07	12:00:00	+0:23	05:04:33	05:28:50	05:53:08	18:35:05	18:59:23	19:23:40
6 de septiembre	06:13:35	12:13:46	18:13:57	12:00:22	+0:22	05:04:04	05:28:20	05:52:38	18:34:55	18:59:12	19:23:28
7 de septiembre	06:13:03	12:13:25	18:13:48	12:00:44	+0:22	05:03:34	05:27:50	05:52:06	18:34:44	18:59:01	19:23:16
8 de septiembre	06:12:30	12:13:04	18:13:38	12:01:07	+0:23	05:03:04	05:27:19	05:51:35	18:34:34	18:58:50	19:23:04
9 de septiembre	06:11:58	12:12:43	18:13:28	12:01:29	+0:22	05:02:34	05:26:48	05:51:03	18:34:23	18:58:38	19:22:52
10 de septiembre	06:11:25	12:12:21	18:13:18	12:01:53	+0:24	05:02:03	05:26:16	05:50:30	18:34:12	18:58:27	19:22:40
11 de septiembre	06:10:52	12:12:00	18:13:08	12:02:15	+0:22	05:01:31	05:25:44	05:49:58	18:34:01	18:58:15	19:22:28
12 de septiembre	06:10:18	12:11:38	18:12:58	12:02:38	+0:23	05:01:00	05:25:12	05:49:25	18:33:51	18:58:04	19:22:16
13 de septiembre	06:09:45	12:11:16	18:12:47	12:03:01	+0:23	05:00:27	05:24:40	05:48:52	18:33:40	18:57:52	19:22:05
14 de septiembre	06:09:11	12:10:54	18:12:37	12:03:24	+0:23	04:59:55	05:24:07	05:48:19	18:33:29	18:57:41	19:21:53
15 de septiembre	06:08:38	12:10:32	18:12:26	12:03:48	+0:24	04:59:22	05:23:34	05:47:46	18:33:18	18:57:30	19:21:41
16 de septiembre	06:08:04	12:10:10	18:12:16	12:04:11	+0:23	04:58:49	05:23:01	05:47:13	18:33:07	18:57:19	19:21:30
17 de septiembre	06:07:30	12:09:48	18:12:05	12:04:34	+0:23	04:58:16	05:22:28	05:46:39	18:32:56	18:57:08	19:21:19
18 de septiembre	06:06:56	12:09:25	18:11:54	12:04:57	+0:23	04:57:43	05:21:54	05:46:06	18:32:45	18:56:57	19:21:08
19 de septiembre	06:06:23	12:09:03	18:11:44	12:05:20	+0:23	04:57:09	05:21:20	05:45:32	18:32:35	18:56:46	19:20:57
20 de septiembre	06:05:49	12:08:41	18:11:34	12:05:44	+0:24	04:56:35	05:20:47	05:44:58	18:32:24	18:56:36	19:20:47

21 de septiembre	06:05:15	12:08:19	18:11:23	12:06:08	+0:24	04:56:01	05:20:13	05:44:24	18:32:14	18:56:25	19:20:37
22 de septiembre	06:04:41	12:07:57	18:11:13	12:06:31	+0:23	04:55:27	05:19:39	05:43:51	18:32:04	18:56:15	19:20:27
23 de septiembre	06:04:08	12:07:35	18:11:03	12:06:54	+0:23	04:54:53	05:19:05	05:43:17	18:31:53	18:56:05	19:20:18
24 de septiembre	06:03:34	12:07:14	18:10:53	12:07:18	+0:24	04:54:19	05:18:31	05:42:43	18:31:44	18:55:56	19:20:08
25 de septiembre	06:03:01	12:06:52	18:10:43	12:07:42	+0:24	04:53:44	05:17:57	05:42:10	18:31:34	18:55:46	19:20:00
26 de septiembre	06:02:28	12:06:31	18:10:33	12:08:05	+0:23	04:53:10	05:17:24	05:41:36	18:31:25	18:55:37	19:19:51
27 de septiembre	06:01:55	12:06:09	18:10:24	12:08:28	+0:23	04:52:35	05:16:50	05:41:03	18:31:16	18:55:29	19:19:43
28 de septiembre	06:01:22	12:05:48	18:10:15	12:08:52	+0:24	04:52:01	05:16:16	05:40:30	18:31:07	18:55:21	19:19:36
29 de septiembre	06:00:49	12:05:28	18:10:06	12:09:16	+0:24	04:51:27	05:15:43	05:39:57	18:30:58	18:55:13	19:19:29
30 de septiembre	06:00:17	12:05:07	18:09:57	12:09:39	+0:23	04:50:52	05:15:09	05:39:24	18:30:50	18:55:05	19:19:22
1 de octubre	05:59:45	12:04:47	18:09:49	12:10:03	+0:24	04:50:18	05:14:36	05:38:52	18:30:43	18:54:58	19:19:16
2 de octubre	05:59:14	12:04:27	18:09:41	12:10:27	+0:24	04:49:44	05:14:03	05:38:20	18:30:35	18:54:52	19:19:11
3 de octubre	05:58:42	12:04:08	18:09:34	12:10:50	+0:23	04:49:10	05:13:30	05:37:48	18:30:28	18:54:46	19:19:06
4 de octubre	05:58:12	12:03:49	18:09:26	12:11:14	+0:24	04:48:36	05:12:58	05:37:16	18:30:22	18:54:40	19:19:01
5 de octubre	05:57:41	12:03:30	18:09:20	12:11:38	+0:24	04:48:03	05:12:25	05:36:45	18:30:16	18:54:35	19:18:58
6 de octubre	05:57:11	12:03:12	18:09:13	12:12:01	+0:23	04:47:30	05:11:53	05:36:14	18:30:10	18:54:31	19:18:55
7 de octubre	05:56:41	12:02:54	18:09:07	12:12:25	+0:24	04:46:57	05:11:22	05:35:44	18:30:05	18:54:27	19:18:52
8 de octubre	05:56:12	12:02:37	18:09:02	12:12:48	+0:23	04:46:24	05:10:50	05:35:14	18:30:00	18:54:24	19:18:50
9 de octubre	05:55:44	12:02:20	18:08:56	12:13:12	+0:24	04:45:51	05:10:19	05:34:44	18:29:56	18:54:21	19:18:49
10 de octubre	05:55:16	12:02:04	18:08:52	12:13:35	+0:23	04:45:19	05:09:49	05:34:15	18:29:53	18:54:19	19:18:48
11 de octubre	05:54:48	12:01:48	18:08:48	12:13:58	+0:23	04:44:48	05:09:19	05:33:46	18:29:50	18:54:17	19:18:48
12 de octubre	05:54:21	12:01:33	18:08:44	12:14:22	+0:24	04:44:16	05:08:49	05:33:18	18:29:47	18:54:16	19:18:49
13 de octubre	05:53:55	12:01:18	18:08:41	12:14:45	+0:23	04:43:45	05:08:20	05:32:51	18:29:45	18:54:16	19:18:51
14 de octubre	05:53:29	12:01:04	18:08:39	12:15:08	+0:23	04:43:15	05:07:51	05:32:23	18:29:44	18:54:16	19:18:53
15 de octubre	05:53:04	12:00:50	18:08:37	12:15:32	+0:24	04:42:45	05:07:23	05:31:57	18:29:44	18:54:17	19:18:56
16 de octubre	05:52:39	12:00:38	18:08:36	12:15:55	+0:23	04:42:15	05:06:56	05:31:31	18:29:44	18:54:19	19:19:00
17 de octubre	05:52:16	12:00:25	18:08:35	12:16:18	+0:23	04:41:46	05:06:29	05:31:06	18:29:45	18:54:22	19:19:04
18 de octubre	05:51:53	12:00:14	18:08:35	12:16:42	+0:24	04:41:18	05:06:02	05:30:41	18:29:46	18:54:25	19:19:10
19 de octubre	05:51:30	12:00:03	18:08:35	12:17:04	+0:22	04:40:50	05:05:37	05:30:18	18:29:48	18:54:29	19:19:16
20 de octubre	05:51:09	11:59:53	18:08:37	12:17:28	+0:24	04:40:22	05:05:11	05:29:54	18:29:51	18:54:34	19:19:23
21 de octubre	05:50:48	11:59:43	18:08:39	12:17:50	+0:22	04:39:56	05:04:47	05:29:32	18:29:54	18:54:39	19:19:31
22 de octubre	05:50:28	11:59:34	18:08:41	12:18:12	+0:22	04:39:29	05:04:23	05:29:10	18:29:58	18:54:46	19:19:39
23 de octubre	05:50:08	11:59:26	18:08:44	12:18:35	+0:23	04:39:04	05:04:00	05:28:49	18:30:03	18:54:53	19:19:49
24 de octubre	05:49:50	11:59:19	18:08:48	12:18:57	+0:22	04:38:39	05:03:38	05:28:29	18:30:09	18:55:00	19:19:59
25 de octubre	05:49:32	11:59:12	18:08:53	12:19:20	+0:23	04:38:15	05:03:16	05:28:10	18:30:15	18:55:09	19:20:10
26 de octubre	05:49:15	11:59:07	18:08:58	12:19:42	+0:22	04:37:52	05:02:55	05:27:51	18:30:22	18:55:18	19:20:22
27 de octubre	05:48:59	11:59:02	18:09:04	12:20:04	+0:22	04:37:29	05:02:35	05:27:33	18:30:30	18:55:29	19:20:35
28 de octubre	05:48:44	11:58:58	18:09:11	12:20:26	+0:22	04:37:07	05:02:16	05:27:16	18:30:39	18:55:40	19:20:48
29 de octubre	05:48:30	11:58:54	18:09:19	12:20:48	+0:22	04:36:46	05:01:57	05:27:00	18:30:48	18:55:51	19:21:03
30 de octubre	05:48:16	11:58:52	18:09:27	12:21:10	+0:22	04:36:25	05:01:39	05:26:45	18:30:59	18:56:04	19:21:18
31 de octubre	05:48:04	11:58:50	18:09:36	12:21:31	+0:21	04:36:06	05:01:22	05:26:30	18:31:09	18:56:17	19:21:34
1 de noviembre	05:47:52	11:58:49	18:09:45	12:21:52	+0:21	04:35:47	05:01:06	05:26:17	18:31:21	18:56:31	19:21:51
2 de noviembre	05:47:42	11:58:49	18:09:56	12:22:14	+0:22	04:35:29	05:00:51	05:26:04	18:31:34	18:56:46	19:22:09
3 de noviembre	05:47:32	11:58:50	18:10:07	12:22:34	+0:20	04:35:12	05:00:37	05:25:52	18:31:47	18:57:02	19:22:27
4 de noviembre	05:47:23	11:58:51	18:10:19	12:22:55	+0:21	04:34:56	05:00:24	05:25:42	18:32:01	18:57:18	19:22:46
5 de noviembre	05:47:15	11:58:54	18:10:32	12:23:15	+0:20	04:34:41	05:00:11	05:25:32	18:32:15	18:57:36	19:23:07
6 de noviembre	05:47:09	11:58:57	18:10:45	12:23:36	+0:21	04:34:26	05:00:00	05:25:23	18:32:31	18:57:54	19:23:27

7 de noviembre	05:47:03	11:59:01	18:10:59	12:23:55	+0:19	04:34:13	04:59:49	05:25:15	18:32:47	18:58:13	19:23:49
8 de noviembre	05:46:58	11:59:06	18:11:14	12:24:15	+0:20	04:34:00	04:59:40	05:25:08	18:33:04	18:58:32	19:24:12
9 de noviembre	05:46:54	11:59:12	18:11:30	12:24:35	+0:20	04:33:49	04:59:31	05:25:02	18:33:22	18:58:52	19:24:35
10 de noviembre	05:46:51	11:59:18	18:11:46	12:24:54	+0:19	04:33:38	04:59:23	05:24:57	18:33:40	18:59:13	19:24:59
11 de noviembre	05:46:49	11:59:26	18:12:03	12:25:13	+0:19	04:33:28	04:59:17	05:24:53	18:33:59	18:59:35	19:25:23
12 de noviembre	05:46:48	11:59:34	18:12:20	12:25:31	+0:18	04:33:20	04:59:11	05:24:49	18:34:19	18:59:57	19:25:49
13 de noviembre	05:46:48	11:59:43	18:12:39	12:25:50	+0:19	04:33:12	04:59:06	05:24:47	18:34:39	19:00:20	19:26:15
14 de noviembre	05:46:49	11:59:53	18:12:58	12:26:09	+0:19	04:33:05	04:59:02	05:24:46	18:35:00	19:00:44	19:26:41
15 de noviembre	05:46:50	12:00:04	18:13:17	12:26:26	+0:17	04:32:59	04:58:59	05:24:46	18:35:22	19:01:09	19:27:08
16 de noviembre	05:46:53	12:00:16	18:13:38	12:26:44	+0:18	04:32:55	04:58:58	05:24:47	18:35:44	19:01:34	19:27:36
17 de noviembre	05:46:57	12:00:28	18:13:59	12:27:01	+0:17	04:32:51	04:58:57	05:24:48	18:36:07	19:01:59	19:28:05
18 de noviembre	05:47:02	12:00:41	18:14:20	12:27:18	+0:17	04:32:48	04:58:57	05:24:51	18:36:31	19:02:25	19:28:34
19 de noviembre	05:47:08	12:00:55	18:14:43	12:27:34	+0:16	04:32:47	04:58:58	05:24:55	18:36:55	19:02:52	19:29:03
20 de noviembre	05:47:14	12:01:10	18:15:05	12:27:50	+0:16	04:32:46	04:59:00	05:25:00	18:37:20	19:03:19	19:29:33
21 de noviembre	05:47:22	12:01:25	18:15:29	12:28:06	+0:16	04:32:47	04:59:04	05:25:05	18:37:45	19:03:47	19:30:04
22 de noviembre	05:47:30	12:01:42	18:15:53	12:28:22	+0:16	04:32:48	04:59:08	05:25:12	18:38:11	19:04:15	19:30:35
23 de noviembre	05:47:40	12:01:59	18:16:17	12:28:36	+0:14	04:32:51	04:59:13	05:25:19	18:38:38	19:04:44	19:31:06
24 de noviembre	05:47:50	12:02:16	18:16:42	12:28:51	+0:15	04:32:54	04:59:19	05:25:28	18:39:04	19:05:13	19:31:38
25 de noviembre	05:48:02	12:02:35	18:17:08	12:29:05	+0:14	04:32:59	04:59:26	05:25:37	18:39:32	19:05:43	19:32:10
26 de noviembre	05:48:14	12:02:54	18:17:34	12:29:19	+0:14	04:33:05	04:59:34	05:25:48	18:40:00	19:06:13	19:32:43
27 de noviembre	05:48:27	12:03:13	18:18:00	12:29:32	+0:13	04:33:11	04:59:44	05:25:59	18:40:28	19:06:43	19:33:16
28 de noviembre	05:48:41	12:03:34	18:18:27	12:29:45	+0:13	04:33:19	04:59:54	05:26:12	18:40:56	19:07:14	19:33:49
29 de noviembre	05:48:56	12:03:55	18:18:54	12:29:57	+0:12	04:33:28	05:00:05	05:26:25	18:41:25	19:07:45	19:34:22
30 de noviembre	05:49:11	12:04:17	18:19:22	12:30:09	+0:12	04:33:38	05:00:17	05:26:39	18:41:54	19:08:16	19:34:55
1 de diciembre	05:49:28	12:04:39	18:19:49	12:30:21	+0:12	04:33:49	05:00:30	05:26:54	18:42:24	19:08:48	19:35:29
2 de diciembre	05:49:45	12:05:02	18:20:18	12:30:31	+0:10	04:34:00	05:00:44	05:27:10	18:42:54	19:09:19	19:36:03
3 de diciembre	05:50:03	12:05:25	18:20:46	12:30:42	+0:11	04:34:13	05:00:59	05:27:26	18:43:24	19:09:51	19:36:37
4 de diciembre	05:50:22	12:05:49	18:21:15	12:30:52	+0:10	04:34:27	05:01:15	05:27:44	18:43:54	19:10:23	19:37:10
5 de diciembre	05:50:42	12:06:13	18:21:44	12:31:01	+0:09	04:34:42	05:01:31	05:28:02	18:44:24	19:10:55	19:37:44
6 de diciembre	05:51:02	12:06:38	18:22:14	12:31:10	+0:09	04:34:58	05:01:49	05:28:21	18:44:55	19:11:27	19:38:18
7 de diciembre	05:51:23	12:07:03	18:22:43	12:31:19	+0:09	04:35:15	05:02:07	05:28:41	18:45:25	19:11:59	19:38:52
8 de diciembre	05:51:45	12:07:29	18:23:13	12:31:26	+0:07	04:35:32	05:02:27	05:29:02	18:45:56	19:12:31	19:39:26
9 de diciembre	05:52:08	12:07:55	18:23:43	12:31:34	+0:08	04:35:51	05:02:47	05:29:23	18:46:27	19:13:04	19:39:59
10 de diciembre	05:52:31	12:08:22	18:24:13	12:31:40	+0:06	04:36:11	05:03:08	05:29:45	18:46:58	19:13:36	19:40:33
11 de diciembre	05:52:55	12:08:49	18:24:42	12:31:47	+0:07	04:36:31	05:03:29	05:30:08	18:47:29	19:14:08	19:41:06
12 de diciembre	05:53:19	12:09:16	18:25:13	12:31:52	+0:05	04:36:53	05:03:52	05:30:32	18:48:00	19:14:39	19:41:39
13 de diciembre	05:53:44	12:09:43	18:25:43	12:31:58	+0:06	04:37:15	05:04:15	05:30:56	18:48:30	19:15:11	19:42:12
14 de diciembre	05:54:09	12:10:11	18:26:13	12:32:02	+0:04	04:37:38	05:04:39	05:31:21	18:49:01	19:15:43	19:42:44
15 de diciembre	05:54:35	12:10:39	18:26:43	12:32:06	+0:04	04:38:02	05:05:04	05:31:46	18:49:32	19:16:14	19:43:16
16 de diciembre	05:55:02	12:11:07	18:27:12	12:32:10	+0:04	04:38:27	05:05:29	05:32:12	18:50:02	19:16:45	19:43:48
17 de diciembre	05:55:29	12:11:36	18:27:42	12:32:12	+0:02	04:38:52	05:05:56	05:32:39	18:50:32	19:17:16	19:44:19
18 de diciembre	05:55:56	12:12:04	18:28:12	12:32:15	+0:03	04:39:18	05:06:22	05:33:06	18:51:02	19:17:46	19:44:50
19 de diciembre	05:56:24	12:12:33	18:28:41	12:32:17	+0:02	04:39:45	05:06:50	05:33:34	18:51:32	19:18:16	19:45:20
20 de diciembre	05:56:53	12:13:02	18:29:11	12:32:17	+0:00	04:40:13	05:07:18	05:34:02	18:52:01	19:18:46	19:45:50
21 de diciembre	05:57:21	12:13:30	18:29:40	12:32:17	+0:00	04:40:41	05:07:46	05:34:30	18:52:31	19:19:15	19:46:19
22 de diciembre	05:57:50	12:13:59	18:30:09	12:32:17	+0:00	04:41:11	05:08:15	05:34:59	18:52:59	19:19:44	19:46:48
23 de diciembre	05:58:19	12:14:28	18:30:37	12:32:17	+0:00	04:41:40	05:08:45	05:35:29	18:53:28	19:20:12	19:47:16

24 de diciembre	05:58:49	12:14:57	18:31:05	12:32:16	-0:01	04:42:10	05:09:14	05:35:58	18:53:56	19:20:40	19:47:44
25 de diciembre	05:59:19	12:15:26	18:31:33	12:32:14	-0:02	04:42:41	05:09:45	05:36:29	18:54:23	19:21:07	19:48:11
26 de diciembre	05:59:49	12:15:55	18:32:01	12:32:11	-0:03	04:43:13	05:10:16	05:36:59	18:54:51	19:21:34	19:48:37
27 de diciembre	06:00:19	12:16:23	18:32:28	12:32:08	-0:03	04:43:44	05:10:47	05:37:30	18:55:17	19:22:00	19:49:02
28 de diciembre	06:00:49	12:16:52	18:32:55	12:32:04	-0:04	04:44:17	05:11:18	05:38:00	18:55:43	19:22:25	19:49:27
29 de diciembre	06:01:20	12:17:20	18:33:21	12:32:00	-0:04	04:44:49	05:11:50	05:38:31	18:56:09	19:22:50	19:49:51
30 de diciembre	06:01:50	12:17:48	18:33:47	12:31:55	-0:05	04:45:22	05:12:22	05:39:03	18:56:34	19:23:14	19:50:14
31 de diciembre	06:02:21	12:18:16	18:34:12	12:31:50	-0:05	04:45:56	05:12:55	05:39:34	18:56:58	19:23:38	19:50:37
2018											
1 de enero	06:02:52	12:18:44	18:34:36	12:31:44	-0:06	04:46:30	05:13:27	05:40:06	18:57:22	19:24:01	19:50:58
2 de enero	06:03:22	12:19:11	18:35:01	12:31:38	-0:06	04:47:04	05:14:00	05:40:37	18:57:46	19:24:23	19:51:19
3 de enero	06:03:53	12:19:39	18:35:24	12:31:31	-0:07	04:47:38	05:14:33	05:41:09	18:58:08	19:24:44	19:51:39
4 de enero	06:04:23	12:20:05	18:35:47	12:31:23	-0:08	04:48:13	05:15:06	05:41:41	18:58:30	19:25:05	19:51:58
5 de enero	06:04:54	12:20:32	18:36:09	12:31:14	-0:09	04:48:47	05:15:39	05:42:12	18:58:51	19:25:24	19:52:16
6 de enero	06:05:24	12:20:58	18:36:31	12:31:06	-0:08	04:49:22	05:16:12	05:42:44	18:59:12	19:25:43	19:52:33
7 de enero	06:05:55	12:21:23	18:36:52	12:30:57	-0:09	04:49:57	05:16:45	05:43:15	18:59:31	19:26:01	19:52:50
8 de enero	06:06:25	12:21:49	18:37:13	12:30:47	-0:10	04:50:32	05:17:19	05:43:47	18:59:50	19:26:19	19:53:05
9 de enero	06:06:55	12:22:13	18:37:32	12:30:36	-0:11	04:51:07	05:17:52	05:44:18	19:00:09	19:26:35	19:53:20
10 de enero	06:07:24	12:22:38	18:37:51	12:30:26	-0:10	04:51:42	05:18:25	05:44:49	19:00:26	19:26:51	19:53:33
11 de enero	06:07:54	12:23:01	18:38:09	12:30:15	-0:11	04:52:17	05:18:57	05:45:20	19:00:43	19:27:05	19:53:46
12 de enero	06:08:23	12:23:25	18:38:26	12:30:03	-0:12	04:52:52	05:19:30	05:45:51	19:00:58	19:27:19	19:53:57
13 de enero	06:08:51	12:23:47	18:38:43	12:29:51	-0:12	04:53:27	05:20:03	05:46:21	19:01:13	19:27:32	19:54:08
14 de enero	06:09:20	12:24:09	18:38:59	12:29:38	-0:13	04:54:01	05:20:35	05:46:51	19:01:27	19:27:44	19:54:17
15 de enero	06:09:48	12:24:31	18:39:14	12:29:25	-0:13	04:54:36	05:21:07	05:47:21	19:01:41	19:27:55	19:54:26
16 de enero	06:10:16	12:24:52	18:39:28	12:29:11	-0:14	04:55:10	05:21:39	05:47:51	19:01:53	19:28:05	19:54:33
17 de enero	06:10:43	12:25:12	18:39:41	12:28:57	-0:14	04:55:44	05:22:10	05:48:20	19:02:04	19:28:14	19:54:40
18 de enero	06:11:10	12:25:32	18:39:53	12:28:42	-0:15	04:56:18	05:22:41	05:48:49	19:02:15	19:28:22	19:54:46
19 de enero	06:11:36	12:25:51	18:40:05	12:28:28	-0:14	04:56:51	05:23:12	05:49:17	19:02:24	19:28:30	19:54:50
20 de enero	06:12:02	12:26:09	18:40:16	12:28:12	-0:16	04:57:24	05:23:42	05:49:45	19:02:33	19:28:36	19:54:54
21 de enero	06:12:28	12:26:27	18:40:25	12:27:57	-0:15	04:57:57	05:24:12	05:50:12	19:02:41	19:28:41	19:54:56
22 de enero	06:12:53	12:26:43	18:40:34	12:27:41	-0:16	04:58:29	05:24:41	05:50:39	19:02:48	19:28:45	19:54:58
23 de enero	06:13:17	12:27:00	18:40:42	12:27:25	-0:16	04:59:01	05:25:10	05:51:06	19:02:54	19:28:49	19:54:58
24 de enero	06:13:41	12:27:15	18:40:49	12:27:07	-0:18	04:59:32	05:25:39	05:51:31	19:02:59	19:28:51	19:54:58
25 de enero	06:14:04	12:27:30	18:40:55	12:26:50	-0:17	05:00:03	05:26:07	05:51:57	19:03:03	19:28:53	19:54:57
26 de enero	06:14:27	12:27:44	18:41:00	12:26:33	-0:17	05:00:33	05:26:34	05:52:22	19:03:06	19:28:53	19:54:54
27 de enero	06:14:49	12:27:57	18:41:05	12:26:15	-0:18	05:01:03	05:27:01	05:52:46	19:03:08	19:28:53	19:54:51
28 de enero	06:15:10	12:28:09	18:41:08	12:25:56	-0:19	05:01:32	05:27:27	05:53:09	19:03:09	19:28:51	19:54:46
29 de enero	06:15:31	12:28:21	18:41:10	12:25:38	-0:18	05:02:00	05:27:53	05:53:32	19:03:09	19:28:49	19:54:41
30 de enero	06:15:51	12:28:31	18:41:12	12:25:19	-0:19	05:02:28	05:28:17	05:53:54	19:03:08	19:28:45	19:54:35
31 de enero	06:16:11	12:28:41	18:41:12	12:25:00	-0:19	05:02:55	05:28:42	05:54:16	19:03:07	19:28:41	19:54:27
1 de febrero	06:16:30	12:28:51	18:41:11	12:24:40	-0:20	05:03:22	05:29:05	05:54:37	19:03:04	19:28:36	19:54:19
2 de febrero	06:16:48	12:28:59	18:41:10	12:24:21	-0:19	05:03:48	05:29:28	05:54:57	19:03:00	19:28:29	19:54:10
3 de febrero	06:17:05	12:29:06	18:41:08	12:24:02	-0:19	05:04:13	05:29:51	05:55:17	19:02:56	19:28:22	19:54:00
4 de febrero	06:17:22	12:29:13	18:41:04	12:23:41	-0:21	05:04:38	05:30:12	05:55:36	19:02:51	19:28:14	19:53:49
5 de febrero	06:17:38	12:29:19	18:41:00	12:23:21	-0:20	05:05:01	05:30:33	05:55:54	19:02:44	19:28:05	19:53:37
6 de febrero	06:17:54	12:29:24	18:40:55	12:23:00	-0:21	05:05:24	05:30:53	05:56:11	19:02:37	19:27:55	19:53:24
7 de febrero	06:18:08	12:29:28	18:40:49	12:22:39	-0:21	05:05:46	05:31:12	05:56:28	19:02:29	19:27:45	19:53:10

8 de febrero	06:18:22	12:29:32	18:40:41	12:22:18	-0:21	05:06:08	05:31:31	05:56:44	19:02:20	19:27:33	19:52:56
9 de febrero	06:18:36	12:29:35	18:40:33	12:21:57	-0:21	05:06:29	05:31:49	05:57:00	19:02:10	19:27:20	19:52:40
10 de febrero	06:18:48	12:29:36	18:40:25	12:21:35	-0:22	05:06:48	05:32:06	05:57:14	19:01:59	19:27:07	19:52:24
11 de febrero	06:19:00	12:29:37	18:40:15	12:21:14	-0:21	05:07:08	05:32:22	05:57:28	19:01:47	19:26:53	19:52:07
12 de febrero	06:19:11	12:29:38	18:40:04	12:20:52	-0:22	05:07:26	05:32:38	05:57:41	19:01:34	19:26:38	19:51:49
13 de febrero	06:19:22	12:29:37	18:39:53	12:20:30	-0:22	05:07:43	05:32:52	05:57:53	19:01:21	19:26:22	19:51:31
14 de febrero	06:19:31	12:29:36	18:39:40	12:20:08	-0:22	05:08:00	05:33:06	05:58:05	19:01:06	19:26:05	19:51:12
15 de febrero	06:19:40	12:29:34	18:39:27	12:19:46	-0:22	05:08:16	05:33:20	05:58:16	19:00:51	19:25:48	19:50:52
16 de febrero	06:19:49	12:29:31	18:39:13	12:19:23	-0:23	05:08:31	05:33:32	05:58:26	19:00:35	19:25:29	19:50:31
17 de febrero	06:19:56	12:29:27	18:38:58	12:19:01	-0:22	05:08:45	05:33:44	05:58:35	19:00:19	19:25:10	19:50:09
18 de febrero	06:20:03	12:29:23	18:38:42	12:18:38	-0:23	05:08:58	05:33:55	05:58:44	19:00:01	19:24:51	19:49:47
19 de febrero	06:20:10	12:29:18	18:38:25	12:18:15	-0:23	05:09:11	05:34:05	05:58:52	18:59:43	19:24:30	19:49:24
20 de febrero	06:20:15	12:29:12	18:38:08	12:17:52	-0:23	05:09:23	05:34:14	05:58:59	18:59:24	19:24:09	19:49:01
21 de febrero	06:20:20	12:29:05	18:37:50	12:17:29	-0:23	05:09:34	05:34:23	05:59:06	18:59:04	19:23:47	19:48:37
22 de febrero	06:20:24	12:28:58	18:37:31	12:17:06	-0:23	05:09:44	05:34:31	05:59:12	18:58:44	19:23:25	19:48:12
23 de febrero	06:20:28	12:28:50	18:37:12	12:16:43	-0:23	05:09:53	05:34:38	05:59:17	18:58:23	19:23:02	19:47:47
24 de febrero	06:20:31	12:28:41	18:36:51	12:16:19	-0:24	05:10:02	05:34:44	05:59:22	18:58:01	19:22:38	19:47:21
25 de febrero	06:20:34	12:28:32	18:36:30	12:15:56	-0:23	05:10:09	05:34:50	05:59:25	18:57:39	19:22:14	19:46:55
26 de febrero	06:20:36	12:28:22	18:36:09	12:15:33	-0:23	05:10:16	05:34:55	05:59:29	18:57:16	19:21:49	19:46:28
27 de febrero	06:20:37	12:28:12	18:35:46	12:15:08	-0:25	05:10:23	05:34:59	05:59:31	18:56:52	19:21:24	19:46:01
28 de febrero	06:20:38	12:28:00	18:35:23	12:14:45	-0:23	05:10:28	05:35:03	05:59:33	18:56:28	19:20:58	19:45:33
1 de marzo	06:20:38	12:27:49	18:35:00	12:14:22	-0:23	05:10:33	05:35:06	05:59:35	18:56:03	19:20:32	19:45:05
2 de marzo	06:20:37	12:27:37	18:34:36	12:13:58	-0:24	05:10:37	05:35:08	05:59:35	18:55:38	19:20:05	19:44:36
3 de marzo	06:20:36	12:27:24	18:34:11	12:13:34	-0:24	05:10:40	05:35:10	05:59:36	18:55:12	19:19:38	19:44:07
4 de marzo	06:20:35	12:27:10	18:33:46	12:13:10	-0:24	05:10:43	05:35:11	05:59:35	18:54:46	19:19:10	19:43:38
5 de marzo	06:20:33	12:26:57	18:33:20	12:12:46	-0:24	05:10:45	05:35:11	05:59:34	18:54:19	19:18:42	19:43:08
6 de marzo	06:20:31	12:26:42	18:32:54	12:12:23	-0:23	05:10:46	05:35:11	05:59:33	18:53:52	19:18:14	19:42:38
7 de marzo	06:20:28	12:26:28	18:32:27	12:11:58	-0:25	05:10:47	05:35:11	05:59:31	18:53:24	19:17:45	19:42:08
8 de marzo	06:20:25	12:26:12	18:32:00	12:11:34	-0:24	05:10:47	05:35:09	05:59:29	18:52:56	19:17:16	19:41:38
9 de marzo	06:20:21	12:25:57	18:31:33	12:11:10	-0:24	05:10:47	05:35:08	05:59:26	18:52:28	19:16:46	19:41:07
10 de marzo	06:20:17	12:25:41	18:31:05	12:10:47	-0:23	05:10:45	05:35:05	05:59:23	18:51:59	19:16:17	19:40:36
11 de marzo	06:20:13	12:25:25	18:30:36	12:10:22	-0:25	05:10:44	05:35:02	05:59:19	18:51:30	19:15:47	19:40:05
12 de marzo	06:20:08	12:25:08	18:30:08	12:09:58	-0:24	05:10:42	05:34:59	05:59:15	18:51:01	19:15:17	19:39:34
13 de marzo	06:20:03	12:24:51	18:29:39	12:09:34	-0:24	05:10:39	05:34:55	05:59:11	18:50:31	19:14:46	19:39:03
14 de marzo	06:19:58	12:24:34	18:29:09	12:09:11	-0:23	05:10:35	05:34:51	05:59:06	18:50:01	19:14:16	19:38:32
15 de marzo	06:19:52	12:24:16	18:28:40	12:08:47	-0:24	05:10:32	05:34:47	05:59:01	18:49:32	19:13:45	19:38:00
16 de marzo	06:19:46	12:23:58	18:28:10	12:08:22	-0:25	05:10:28	05:34:42	05:58:55	18:49:01	19:13:15	19:37:29
17 de marzo	06:19:40	12:23:40	18:27:40	12:07:58	-0:24	05:10:23	05:34:37	05:58:49	18:48:31	19:12:44	19:36:57
18 de marzo	06:19:34	12:23:22	18:27:10	12:07:35	-0:23	05:10:18	05:34:31	05:58:43	18:48:01	19:12:13	19:36:26
19 de marzo	06:19:28	12:23:04	18:26:39	12:07:11	-0:24	05:10:12	05:34:25	05:58:37	18:47:30	19:11:42	19:35:55
20 de marzo	06:19:21	12:22:45	18:26:09	12:06:46	-0:25	05:10:06	05:34:19	05:58:30	18:46:59	19:11:11	19:35:23
21 de marzo	06:19:14	12:22:26	18:25:38	12:06:23	-0:23	05:10:00	05:34:12	05:58:24	18:46:29	19:10:40	19:34:52
22 de marzo	06:19:07	12:22:07	18:25:08	12:05:59	-0:24	05:09:54	05:34:05	05:58:17	18:45:58	19:10:09	19:34:21
23 de marzo	06:19:00	12:21:49	18:24:37	12:05:36	-0:23	05:09:47	05:33:58	05:58:10	18:45:27	19:09:39	19:33:50
24 de marzo	06:18:53	12:21:30	18:24:06	12:05:11	-0:25	05:09:40	05:33:51	05:58:03	18:44:57	19:09:08	19:33:20
25 de marzo	06:18:46	12:21:11	18:23:35	12:04:48	-0:23	05:09:32	05:33:44	05:57:55	18:44:26	19:08:38	19:32:49
26 de marzo	06:18:39	12:20:52	18:23:04	12:04:25	-0:23	05:09:25	05:33:36	05:57:48	18:43:56	19:08:07	19:32:19

27 de marzo	06:18:32	12:20:33	18:22:34	12:04:01	-0:24	05:09:17	05:33:29	05:57:40	18:43:25	19:07:37	19:31:49
28 de marzo	06:18:25	12:20:14	18:22:03	12:03:37	-0:24	05:09:09	05:33:21	05:57:33	18:42:55	19:07:07	19:31:19
29 de marzo	06:18:18	12:19:55	18:21:33	12:03:14	-0:23	05:09:01	05:33:13	05:57:25	18:42:25	19:06:37	19:30:49
30 de marzo	06:18:11	12:19:36	18:21:02	12:02:51	-0:23	05:08:53	05:33:05	05:57:18	18:41:55	19:06:08	19:30:20
31 de marzo	06:18:04	12:19:18	18:20:32	12:02:27	-0:24	05:08:44	05:32:57	05:57:10	18:41:25	19:05:39	19:29:51
1 de abril	06:17:57	12:18:59	18:20:02	12:02:04	-0:23	05:08:36	05:32:49	05:57:03	18:40:56	19:05:10	19:29:23
2 de abril	06:17:50	12:18:41	18:19:32	12:01:41	-0:23	05:08:27	05:32:41	05:56:55	18:40:26	19:04:41	19:28:55
3 de abril	06:17:43	12:18:23	18:19:02	12:01:17	-0:24	05:08:18	05:32:33	05:56:48	18:39:57	19:04:13	19:28:27
4 de abril	06:17:37	12:18:05	18:18:33	12:00:55	-0:22	05:08:10	05:32:25	05:56:41	18:39:29	19:03:45	19:28:00
5 de abril	06:17:31	12:17:47	18:18:03	12:00:31	-0:24	05:08:01	05:32:17	05:56:34	18:39:00	19:03:17	19:27:33
6 de abril	06:17:25	12:17:30	18:17:34	12:00:09	-0:22	05:07:52	05:32:09	05:56:27	18:38:32	19:02:50	19:27:07
7 de abril	06:17:19	12:17:12	18:17:06	11:59:47	-0:22	05:07:44	05:32:01	05:56:20	18:38:04	19:02:24	19:26:41
8 de abril	06:17:13	12:16:55	18:16:37	11:59:23	-0:24	05:07:35	05:31:53	05:56:13	18:37:37	19:01:57	19:26:16
9 de abril	06:17:08	12:16:39	18:16:10	11:59:01	-0:22	05:07:26	05:31:46	05:56:07	18:37:10	19:01:31	19:25:51
10 de abril	06:17:03	12:16:22	18:15:42	11:58:38	-0:23	05:07:18	05:31:38	05:56:01	18:36:44	19:01:06	19:25:27
11 de abril	06:16:58	12:16:06	18:15:15	11:58:16	-0:22	05:07:10	05:31:31	05:55:55	18:36:18	19:00:41	19:25:03
12 de abril	06:16:53	12:15:51	18:14:48	11:57:54	-0:22	05:07:01	05:31:24	05:55:49	18:35:52	19:00:17	19:24:40
13 de abril	06:16:49	12:15:35	18:14:22	11:57:32	-0:22	05:06:53	05:31:17	05:55:43	18:35:27	18:59:53	19:24:17
14 de abril	06:16:45	12:15:20	18:13:56	11:57:10	-0:22	05:06:45	05:31:11	05:55:38	18:35:02	18:59:30	19:23:55
15 de abril	06:16:41	12:15:06	18:13:30	11:56:49	-0:21	05:06:38	05:31:04	05:55:33	18:34:38	18:59:07	19:23:34
16 de abril	06:16:38	12:14:52	18:13:05	11:56:26	-0:23	05:06:30	05:30:58	05:55:29	18:34:15	18:58:45	19:23:13
17 de abril	06:16:35	12:14:38	18:12:41	11:56:05	-0:21	05:06:23	05:30:52	05:55:24	18:33:51	18:58:23	19:22:53
18 de abril	06:16:32	12:14:25	18:12:17	11:55:44	-0:21	05:06:16	05:30:47	05:55:20	18:33:29	18:58:02	19:22:34
19 de abril	06:16:30	12:14:12	18:11:53	11:55:22	-0:22	05:06:09	05:30:42	05:55:17	18:33:07	18:57:42	19:22:15
20 de abril	06:16:28	12:14:00	18:11:31	11:55:01	-0:21	05:06:02	05:30:37	05:55:13	18:32:46	18:57:22	19:21:57
21 de abril	06:16:27	12:13:48	18:11:08	11:54:40	-0:21	05:05:56	05:30:32	05:55:10	18:32:25	18:57:03	19:21:39
22 de abril	06:16:26	12:13:36	18:10:46	11:54:19	-0:21	05:05:50	05:30:28	05:55:08	18:32:05	18:56:45	19:21:23
23 de abril	06:16:26	12:13:25	18:10:25	11:53:59	-0:20	05:05:44	05:30:24	05:55:06	18:31:45	18:56:27	19:21:07
24 de abril	06:16:25	12:13:15	18:10:05	11:53:38	-0:21	05:05:39	05:30:20	05:55:04	18:31:26	18:56:10	19:20:51
25 de abril	06:16:26	12:13:05	18:09:45	11:53:18	-0:20	05:05:34	05:30:17	05:55:03	18:31:08	18:55:54	19:20:37
26 de abril	06:16:26	12:12:56	18:09:25	11:52:58	-0:20	05:05:29	05:30:14	05:55:02	18:30:50	18:55:38	19:20:23
27 de abril	06:16:28	12:12:47	18:09:07	11:52:38	-0:20	05:05:25	05:30:11	05:55:01	18:30:33	18:55:23	19:20:09
28 de abril	06:16:29	12:12:39	18:08:49	11:52:18	-0:20	05:05:21	05:30:09	05:55:01	18:30:17	18:55:08	19:19:57
29 de abril	06:16:31	12:12:31	18:08:31	11:51:59	-0:19	05:05:17	05:30:08	05:55:01	18:30:01	18:54:55	19:19:45
30 de abril	06:16:34	12:12:24	18:08:14	11:51:39	-0:20	05:05:14	05:30:06	05:55:02	18:29:46	18:54:42	19:19:34
1 de mayo	06:16:37	12:12:17	18:07:58	11:51:20	-0:19	05:05:11	05:30:05	05:55:03	18:29:32	18:54:29	19:19:24
2 de mayo	06:16:40	12:12:11	18:07:43	11:51:02	-0:18	05:05:08	05:30:05	05:55:05	18:29:18	18:54:18	19:19:14
3 de mayo	06:16:44	12:12:06	18:07:28	11:50:43	-0:19	05:05:06	05:30:05	05:55:07	18:29:05	18:54:07	19:19:06
4 de mayo	06:16:48	12:12:01	18:07:14	11:50:25	-0:18	05:05:05	05:30:05	05:55:09	18:28:53	18:53:57	19:18:57
5 de mayo	06:16:53	12:11:57	18:07:00	11:50:07	-0:18	05:05:03	05:30:06	05:55:12	18:28:41	18:53:47	19:18:50
6 de mayo	06:16:58	12:11:53	18:06:48	11:49:49	-0:18	05:05:02	05:30:07	05:55:15	18:28:31	18:53:39	19:18:43
7 de mayo	06:17:04	12:11:50	18:06:36	11:49:31	-0:18	05:05:02	05:30:09	05:55:19	18:28:20	18:53:30	19:18:37

Fuente13. Hora de salida y puesta de sol ("Manatechs", 2018)

Anexo 3



NASA Meteorología de superficie y energía solar: datos [RETScreen](#)



Se eligió Latitude **-7.164** / Longitude **-78.465** .

	Unidad	Ubicación de datos climáticos	
Latitud	NORTE	-7.164	
Longitud	MI	-78.465	
Elevación	metro	1758	
Temperatura de diseño de calentamiento	DO	11.78	
Temperatura de diseño de enfriamiento	DO	24.26	
Amplitud de temperatura de la tierra	DO	14.86	
Días de escarcha en el sitio	día	0	

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del viento	Temperatura de la tierra	Calefacción grados-días	Enfriamiento días-grados
	DO	%	$\text{kWh/m}^2/\text{d}$	kPa	Sra	DO	discos compactos	discos compactos
enero	18.2	69.5%	5.54	82.6	2.6	22.1	11	257
febrero	18.2	73.5%	5.30	82.6	2.7	21.2	10	233
marzo	18.4	73.3%	5.62	82.6	2.7	21.4	9	260
abril	18.8	66.2%	5.40	82.6	3.0	22.2	5	262
Mayo	18.7	56.4%	5.28	82.7	3.5	22.1	4	267
junio	17.8	50.7%	5.16	82.7	4.3	21.0	13	233
julio	17.5	44.4%	5.33	82.7	4.2	20.8	20	232
agosto	18.4	41.1%	5.72	82.7	4.0	22.6	7	259
septiembre	19.6	42.8%	6.04	82.7	3.8	24.8	0	287
octubre	20.1	46.7%	6.18	82.6	3.2	26.1	0	313
noviembre	19.6	52.4%	6.35	82.5	3.1	25.5	2	291
diciembre	18.9	62.5%	6.00	82.5	2.8	23.8	6	278
Annual	18.7	56.6%	5.66	82.6	3.3	22.8	87	3172
Medido en (m)					10.0	0.0		

Fuente 11. Surface meteorology and Solar Energy - A renewable energy resource web site (release 6.0) - sponsored by NASA's Earth Science Enterprise Program

REFERENCIAS NORMATIVAS PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

La “N.T.E. EM.080 INSTALACIONES CON ENERGIA SOLAR” de aplicaciones obligatoria a nivel nacional, describe las especificaciones técnicas y los procedimientos constructivos básicos que deben cumplir las viviendas que incluyan sistemas solares fotovoltaicos. Para ello se recomienda usar las ediciones recientes de las normas citadas en las referencias normativas

- ✓ Decreto legislativo N 1002. Promoción de la inversión para la generación de uso de energías renovable (2008).
- ✓ Norma Técnica Peruana NTP 399.403 2006: Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones Técnicas y Método para la Calificación Energética.
- ✓ Norma Técnica Peruana NTP 399.400 2001: Colectores Solares. Método de ensayo para determinar la eficiencia de los colectores solares Resolución Ministerial R.M. N° 037-2006 MEM/DM Código Nacional de Electricidad Resolución Directoral N° 003-2007-EM/DGE: Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural.
- ✓ Resolución Ministerial R.M. N° 091-2002-EM/VME Norma DGE Terminología en Electricidad y Símbolos Gráficos en Electricidad. (docplayer, 2006)

Anexo 4

Tabla 41. Viviendas particulares, por condición de ocupación de la vivienda, según departamento, provincia, distrito, área urbana y rural, y tipo de vivienda

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, Y TIPO DE VIVIENDA	CONDICIÓN DE OCUPACIÓN									
	Total	OCUPADA				DESOCUPADA				
		Total	Con personas presentes	Con personas ausentes	De uso Ocasional	Total	En alquiler o Venta	En construcción o Reparación	Abandonad a Cerrada	Otra causa
Distrito los baños del inca (000)	10322	9333	7741	571	1021	989	29	350	564	46
Casa independiente (001)	9706	8768	7313	514	941	938	28	350	519	41
Departamento en edificio (002)	68	68	63	5						
Vivienda en quinta (003)	36	35	32	3		1	1			
Vivienda en casa de vecindad (004)	66	62	61	1		4			3	1
Choza o cabaña (005)	427	384	258	46	80	43			39	4
Vivienda improvisada (006)	13	10	8	2		3			3	
Local no destinado, Para hab. Humana (007)	6	6	6							
Urbana (009)	3029		2581	251	27	170	6	88	70	6
Casa independiente (010)	2844		2415	240	27	162	5	88	64	5
Departamento en edificio (011)	68	68	63	5						
Vivienda en quinta (012)	36	35	32	3		1	1			
Vivienda en casa de vecindad (013)	66	62	61	1		4			3	1
Vivienda improvisada (015)	13	10	8	2		3			3	
Local no destinado, Para hab. Humana (016)	2	2	2							
Rural (018)	7293	6474	5160	320	994	819	23	262	494	40
Casa independiente (019)	6862	6086	4898	274	914	776	23	262	455	36
Choza o cabaña (023)	427	384	258	46	80	43			39	4
Local no destinado, Para hab. Humana (025)	4	4	4							

- No se empadronó a la población del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Fuente: INEI

- Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda

Anexo 5: Características técnicas de módulo fotovoltaico solar

ECO LINE P72/300 - 320 W

Polycrystalline module family

Module type LX - XXXP/156-72+ | XXX = Rated power Pmpp

Electrical data at STC

	300.00	310.00	315.00	320.00
Rated power Pmpp [Wp]	300.00	310.00	315.00	320.00
Pmpp range to	306.49	316.49	321.49	326.49
Rated current Impp [A]	8.34	8.42	8.51	8.60
Rated voltage Vmpp [V]	36.00	36.88	37.07	37.27
Short-circuit current Isc [A]	8.84	8.93	9.01	9.09
Open-circuit voltage Uoc [V]	44.75	45.05	45.36	45.67
Efficiency at STC	17.47%	18.01%	18.16%	16.51%
Efficiency at 200 W/m ²	16.13%	16.33%	16.65%	15.97%

Electrical data at NOCT

	222.70	229.27	233.05	236.89
Pmpp [Wp]	222.70	229.27	233.05	236.89
Rated current Impp [A]	6.67	6.74	6.81	6.88
Rated voltage Vmpp [V]	33.38	34.02	34.23	34.45
Short-circuit current Isc [A]	41.50	41.56	41.88	42.21
Open-circuit voltage Uoc [V]	7.07	7.14	7.21	7.28

Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000 W/m² | module temperature 25°C | AM = 1,5
 NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800 W/m² | wind speed 1 m/sec | temperature 20°C | @45 +/- 2°C | AM = 1,5

Limiting values

Max. system voltage [V]	1000 V
Max. return current [I]	15 A
Temperature range	-40 to 85°C
Snow-load zone ²	approval up to SLZ 3 (according to DIN 1055)
Max. pressure load (static) [Pa]	5400
Max. dynamic load [Pa]	2400

Temperature coefficient

Temperature coefficient [V] [I] [P]	-0.30% /°C 0.05% /°C -0.41% /°C
---	-------------------------------------

Specifications

Number of cells (matrix)	6 x 12, three strings in a row 156 mm x 156 mm
Module dimensions (L x W x H) ² Weight	1956 mm x 992 mm x 40 mm 23.2 kg
Front-side glass	3.2 mm hardened solar glass with low iron content
Frame	stable, anodised aluminium frame in a hollow-section design
Socket	plastic (PPO), ventilated and strain-relieved, at least IP65
Cable	4 mm ² solar cable, cable length 1.3 m
Diodes	3 Schottky Diodes 15A/45V
Plug-in connection	high-quality plug-in system, (IP67) MC4 or equivalent
Hail test (max. hailstorm)	∅ 45 mm impact velocity 23 m/s

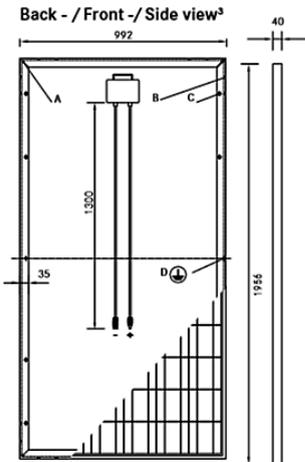
The specifications and average values can vary slightly. What is important is the corresponding data of the individual measurement. Specifications are subject to change without notice. Measurement tolerance: rated power +/- 3%, other values +/- 10%, all information in this data sheet corresponds to DIN 50380. A potential light-induced degradation of the power after commissioning is not considered here, other information can be found in the installation guidelines.

1 The specific warranty conditions are given under www.luxor-solar.com/download.htm

2 For standing installation

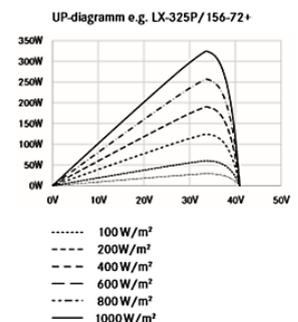
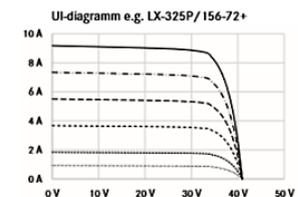
3 Tolerance L/W = +/- 3 mm, H = the dimensions given in the order confirmation will be decisive

4 Location on request



A: 4 x drainage 10*10 mm
 B: 8 x ventilation aperture 3*7 mm
 C: 8 x mounting hole⁴ d = 7 mm
 D: 2 x earthing d = 2 mm

Electrical characteristics



Luxor, your specialised company

Guidelines: 2006/95/EG-2006/95/EC, 89/336/EWG-89/336/EEC, 93/68/EWG-93/68/EEC



IEC
 IEC 61215
 IEC 61730



The validity of the certificates/listings for a specific country has to be examined under:
www.luxor-solar.com/download.htm

Eco Line P72/300-320 W_04/17

Ilustración 18

Anexo 6: Especificaciones técnicas de regulador de tensión para sistemas fotovoltaicos

LEONICS® SOLARCON SCP-series Solar Charge Controller



SPECIFICATIONS

Wall Mount Model	SCP-2430	SCP-2460	SCP-24120	SCP-4830	SCP-4860	SCP-48120	SCP-48240	SCP-12030	SCP-12060	SCP-120120	SCP-24030	SCP-24060	SCP-240120	
Rack Mount Model	SCP-2430/RM	SCP-2460/RM	SCP-24120/RM	SCP-4830/RM	SCP-4860/RM	SCP-48120/RM	SCP-48240/RM	SCP-12030/RM	SCP-12060/RM	SCP-120120/RM	SCP-24030/RM	SCP-24060/RM	SCP-240120/RM	
RATED POWER														
Maximum current	30 A	60 A	120 A	30 A	60 A	120 A	240 A	30 A	60 A	120 A	30 A	60 A	120 A	
INPUT														
Nominal voltage	24 Vdc			48 Vdc				120 Vdc			240 Vdc			
Maximum voltage	48 Vdc			96 Vdc				240 Vdc			450 Vdc			
Maximum PV power*	0.83 kWp	1.65 kWp	3.3 kWp	1.65 kWp	3.3 kWp	6.6 kWp	13.2 kWp	4.13 kWp	8.26 kWp	16.5 kWp	8.26 kWp	16.5 kWp	33 kWp	
OUTPUT (at 25°C)														
Boost charging voltage	26.0 - 30.0 Vdc (default = 30.0 Vdc)			52.0 - 60.0 Vdc (default = 60.0 Vdc)				130.0 - 150.0 Vdc (default = 150.0 Vdc)			260.0 - 300.0 Vdc (default = 300.0 Vdc)			
Float charging voltage	24.0 - 28.0 Vdc (default = 27.6 Vdc)			48.0 - 56.0 Vdc (default = 55.2 Vdc)				120.0 - 140.0 Vdc (default = 138.0 Vdc)			240.0 - 280.0 Vdc (default = 276.0 Vdc)			
Low voltage alarm	20.0 - 24.0 Vdc (default = 23.6 Vdc)			40.0 - 48.0 Vdc (default = 47.2 Vdc)				100.0 - 120.0 Vdc (default = 118.0 Vdc)			200.0 - 240.0 Vdc (default = 236.0 Vdc)			
Low battery voltage disconnected	19.8 - 23.8 Vdc (default = 21.6 Vdc)			39.6 - 47.6 Vdc (default = 43.2 Vdc)				99.0 - 119.0 Vdc (default = 108.0 Vdc)			198.0 - 238.0 Vdc (default = 216.0 Vdc)			
Reconnect voltage	23.0 - 27.0 Vdc (default = 25.0 Vdc)			46.0 - 54.0 Vdc (default = 50.0 Vdc)				115.0 - 135.0 Vdc (default = 125.0 Vdc)			230.0 - 270.0 Vdc (default = 250.0 Vdc)			
BATTERY														
Type	Deep cycle lead acid (LA)													
PROTECTION														
Reverse polarity	Protection													
High battery voltage	Protection / Alarm													
Low battery voltage	Protection / Alarm													
Overload	Protection / Alarm													
PV disconnection	Protection / Alarm													
INDICATOR														
LED	Battery level, PV voltage level, Operation status, Alarm													
LCD	Digital meter, 180 days power and event logger													
COMMUNICATION INTERFACE														
RS-232	DB-9 connector													
SYSTEM														
Battery temperature compensation range	-5 to 7 mV / cell / celsius (option)													
OPERATING CONDITION														
Temperature	0 - 45°C													
Relative humidity	0 - 95% (non-condensing)													
DIMENSION (W x H x D) (approximate in cm.)														
Wall mount case	27 x 36.5 x 20.5						35 x 50 x 27		27 x 36.5 x 20.5				42 x 40 x 23	
Rack mount case	48.2 x 26.5 x 54													
WEIGHT (approximate in kg.)														
Wall mount case	9.5	10.5	10	10.5	10	10.5	10	10.5	10	10.5	10	10.5	15	
Rack mount case	11.5	12.5	12	12.5	12	12.5	12	12.5	12	12.5	12	12.5	17	

*For operation of charge controller at ambient temperature $\leq 25^\circ\text{C}$. The peak PV power must be derated 15% when charge controller operates at ambient temperature over than 25°C . Continuous product development is our commitment. In that manner, the above specifications may be changed without prior notice.

Anexo 7: características técnicas de baterías para sistema fotovoltaico



Modelos	Capacidad Ah 1,80 V/e 25°C			Dimensiones	Peso
	10 Hr	100 Hr	120 Hr		
TLS-3	170	240	289	103 x 206 x 289	16.3
TLS-5	260	361	367	124 x 206 x 389	22.0
TVS-4	365	452	460	124 x 206 x 505	26.6
TVS-5	425	519	528	124 x 206 x 505	29.4
TVS-6	520	627	637	145 x 206 x 505	34.6
TVS-7	595	731	743	166 x 206 x 505	39.6
TYS-6	660	900	914	145 x 206 x 687	48.1
TYS-7	770	1101	1118	191 x 210 x 687	61.3
TYS-8	880	1200	1219	191 x 210 x 687	65.1
TYS-9	1000	1394	1416	233 x 210 x 687	75.8
TYS-10	1100	1500	1524	233 x 210 x 687	79.6
TYS-12	1320	1799	1828	275 x 210 x 687	94.3
TZS-12	1620	2300	2388	275 x 210 x 829	117.8
TZS-13	1755	2600	2624	299 x 210 x 813	146.0
TZS-16	2160	3000	3050	299x x210 x 813	160.6
TZS-20	2700	3753	3817	487 x 210 x 813	199.5
TZS-22	2970	4144	4211	487 x 210 x 813	209.1
TZS-24	3240	4505	4578	576 x 210 x 813	235.9

Ilustración 20

Anexo 8 : Características de inversores de tensión- para sistemas fotovoltaicos Multiplus 48/3000/35

Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Potencia cont. de salida 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -20 a +50°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18i		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure) Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				

Ilustración 21

Anexo 9 :

Catalogo	Diametro		Longitud (m)	Espesor del Recubrimiento de Cobre (mm)
	Normal Pulgadas	Real mm		
613400	3/4	17.30	3.0	0.254
613480	3/4	17.30	2.4	0.254
615800MEX01	5/8	14.30	3.0	0.254
615880	5/8	14.30	2.4	0.254
615950	5/8	15.88	1.5	0.254
615900MEX01*	5/8	15.88	3.0	0.254
693400MEX	3/4	19.05	3.0	0.254

* Esta varilla cumple con la especificación CFE-56100-16.

NOTA: También producimos otros diámetros y longitudes sobre pedido.

Ilustración 22: Tabla para selección de electrodos Puesta a Tierra (PT) ERICO

Anexo 10

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV EPR+CPE 2000V 90°C SR

Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Espesor nominal de la cubierta	Diámetro total aproximado	Peso total aproximado
AWG/kcmil	mm ²		mm	mm	mm	Kg/Km
14	2,08	7	1,14	0,76	5,8	60
12	3,31	7	1,14	0,76	6,3	70
10	5,26	7	1,14	0,76	6,9	100
8	8,37	7	1,40	0,76	8,1	140
6	13,30	7	1,40	1,14	9,8	210
4	21,15	7	1,40	1,14	11,0	300
2	33,62	7	1,40	1,14	12,5	430
1	42,41	19	1,65	1,52	15,0	570
1/0	53,48	19	1,65	1,52	16,0	690
2/0	67,43	19	1,65	1,52	17,1	830
3/0	85,01	19	1,65	1,52	18,4	1010
4/0	107,2	19	1,65	1,52	19,8	1240
250	126,7	37	1,91	2,03	22,6	1500
300	152,0	37	1,91	2,03	24,0	1760
350	177,3	37	1,91	2,03	25,2	2010
400	202,7	37	1,91	2,03	26,4	2270
500	253,4	37	1,91	2,03	28,5	2770
600	304,0	61	2,29	2,03	31,2	3310
750	380,0	61	2,29	2,03	33,8	4050
1000	506,7	61	2,29	2,03	37,6	5280

Ilustración 23: Tabla para selección de cables por área nominal de sección trasversal

Anexo 11 :

Nombre del producto	Precio	Cantidad	Subtotal
 Inversor Victron Phoenix solar 48V 3000VA	1.145,51 €	- 1 +	1.145,51 €
 Panel Solar 320W 24V Waaree Policristalino	246,10 €	- 30 +	7.383,00 €
 Panel Solar TAI Energy 24V 300W	S/. 1.143,87	- 30 +	S/. 34.316,10
 Batería solar Energys PowerSafe TZS 20	1.161,32 EUR	- 1 +	1.161,32 EUR
 Regulador de tension LEONICS CSP- 48240	1.505,51 €	- 1 +	1.505,51 €

Ilustración 24: Precios de componentes de sistema solar fotovoltaico

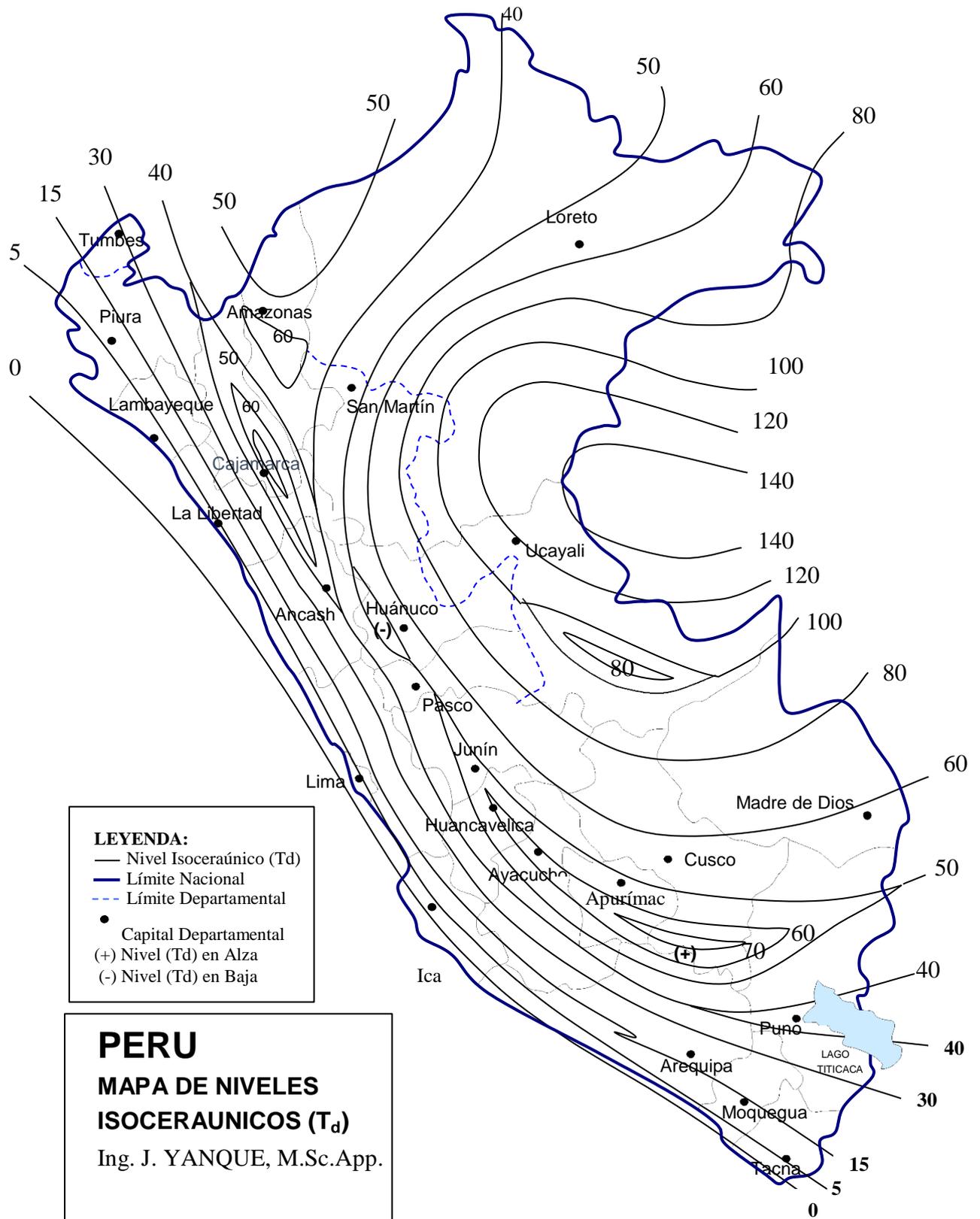
Anexo 12

Radio de protección (m) según modelo de pararrayos - UNE 21186:2009 / NFC 17-102

NP →	Nivel I (D=20m)				Nivel II (D=30m)				Nivel III (D=45m)				Nivel IV (D=60m)			
↓ h(m)	CPT-L	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT-L	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT-L	CPT 1	CPT 2	CPT 3	CPT-L	CPT 1	CPT 2	CPT 3
2	14	17	24	32	15	18	25	35	18	23	30	40	21	26	33	44
3	19	25	35	48	22	29	40	52	27	34	45	59	30	39	50	65
4	25	34	46	64	29	40	55	69	35	46	60	78	40	52	67	87
5	31	42	58	79	36	51	70	86	43	57	75	97	50	65	84	107
6	31	43	58	79	37	52	70	87	44	58	76	97	51	66	84	107
8	32	43	59	79	38	53	71	87	46	59	77	98	53	67	85	108
10	32	44	59	79	39	53	71	88	47	61	77	99	55	69	87	109

h: altura (m) entre la punta del pararrayos y la parte más alta de la superficie a proteger.

Anexo 13



NOTA: Cortesía del Ing. Justo Yanque.

Description	I	L	ΔV%	S	122
				Del calculo	AWG/Kcmil
Panel Fv – regulatory	125.1 A	6 m	3	37.23 mm ²	1

Anexo 14

Especificaciones de la oferta de cartuchos fusible fotovoltaicos solares

Tipo de cuerpo	Tamaño del cuerpo	Tipo de fusible	Símbolo del catálogo	Corriente (amperios)	Tensión (V CC)	Normas				Número de ficha de producto	Número de página
						gPV ¹	UL	CCC	CSA		
Cilíndrico	10x38 mm	Férula	PVM-(amperios)	4 -10, 12, 15, 20, 25, 30 A	600	✓		✓		2153	15
		Férula	PV-(amperios)A10F								
	Fijación con perno	PV-(amperios)A10-T	1-3, 3.5, 4-6, 8, 10, 12, 15, 20, 25 ⁵ A	1000	✓	✓	✓ ²	✓	720110	16-17	
	PCB (un pasador)	PV-(amperios)A10-1P									
	PCB (dos pasadores)	PV-(amperios)A10-2P									
	14x51 mm	Férula	PV-(amperios)A14F	15, 20 / 25, 32 A	1100 / 1000	✓	✓	✓ ³	✓ ³	720132	18
14x65 mm	Férula	PV-(amperios)A14LF									
	Con etiquetas	PV-(amperios)A14L-T	15, 20 / 25, 32 A	1500 / 1300	✓	✓	✓ ³	✓ ³	720139	19 - 20	
	Con fijaciones de 10 mm	PV-(amperios)A14LF10F									
NH	NH1		PV-(amperios)ANH1	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200 A	1000	✓	✓	✓ ³	✓	720133	21 - 23
	NH2	NH		PV-(amperios)ANH2	250 A						
	NH3		PV-(amperios)ANH3	300, 315, 350, 355, 400 A							
Cuerpo cuadrado	01XL	Con hoja	PV-(amperios)A-01XL	63, 80, 100, 125, 160 A	1000	✓	✓	✓ ³	✓ ³		
		Con pernos	PV-(amperios)A-01XL-B								
	1XL	Con hoja	PV-(amperios)A-1XL	200 A	1000	✓	✓	✓ ³	✓ ³		
		Con pernos	PV-(amperios)A-1XL-B								
	1XL	Con hoja	PV-(amperios)A-1XL-15	100, 125, 160, 200 A	1500	✓	✓	✓ ³	✓ ³	10201	24 - 29
		Con pernos	PV-(amperios)A-1XL-B-15								
	2XL	Con hoja	PV-(amperios)A-2XL	160, 200, 250, 315, 355 A	1000	✓	✓	✓ ³	✓ ³		
		Con pernos	PV-(amperios)A-2XL-B								
		Con hoja	PV-(amperios)A-2XL-15	125, 160, 200, 250 A	1500	✓	✓	✓ ³	✓ ³		
		Con pernos	PV-(amperios)A-2XL-B-15								
	3L	Con hoja	PV-(amperios)A-3L	350, 400, 500, 600 A	1000	✓	✓	✓ ³	✓ ³		
		Con pernos	PV-(amperios)A-3L-B								
Con hoja		PV-(amperios)A-3L-15	250, 315, 355, 400 A	1500	✓	✓	✓ ³	✓ ³			
Con pernos		PV-(amperios)A-3L-B-15									
Extremo empotrable	2		PV-(amperios)AF2	160, 200, 250 A	1000	✓	✓	✓ ³	✓ ³	5785583	
	3	Extremo empotrable	PV-(amperios)AF3	315, 355, 400 A						5785584	30 - 31

¹ IEC 60269-6, solo ²1 a 15 A, ³ Pendiente, ⁴ 160 A con una corriente nominal de 1200 V CC, ⁵ Número de referencia PV10M-25

Portafusibles y bloques

Tamaño de fusible	Serie de soportes/bloques	Número de referencia	Polos	Tensión nominal (V CC)	Descripción	Número de ficha de producto
10x38 mm	CHPV	CHPV1IU	1	600 / 1000	Soporte con protección segura para los dedos IP20	720147
		CHPV1IU	1		Soporte con protección segura para los dedos IP20 con indicación	
		CHPV2IU	2		Soporte con protección segura para los dedos IP20	
		CHPV2IU	2		Soporte con protección segura para los dedos IP20 con indicación	
	BM	BM6031 (tipo de terminal) BM6032 (tipo de terminal) BM6033 (tipo de terminal)	1 2 3		Bloques de fusibles abiertos	1104
HPV	HEB (terminal de carga lateral y carga lineal)	N/A		Portafusibles en línea	2157	
14x51 mm	CH14	CHPV141IU / CHPV141IU	1	1000 ¹	Soporte con protección segura para los dedos IP20	2053
NH1		SD1-D-PV	1	1500 ¹	Soporte con protección segura para los dedos IP20 ²	720149
NH2	SD-D	SD2-D-PV	1			
NH3		SD3-D-PV	1			
01XL	SD	SB1XL-S	1	1500	Bloque	720146
1XL		SB1XL-S	1			
2XL		SB2XL-S	1			
3L		SB3L-S	1			

¹ Certificación propia.

² Necesita una serie de accesorios de protección.

Ilustración 25: Especificaciones técnicas de Fusibles y portafusibles para sistemas solares fotovoltaicos

Anexo 15

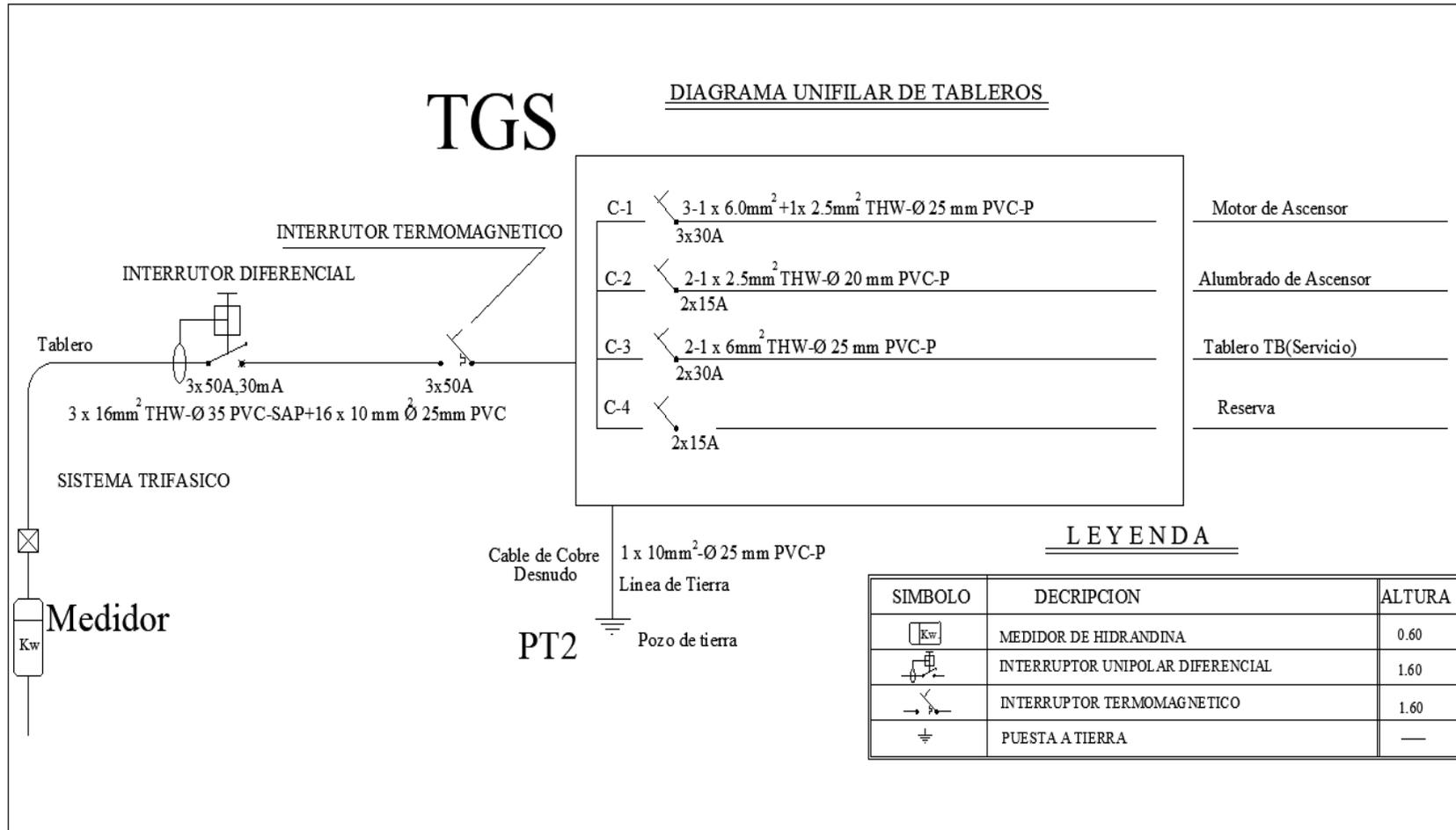


Ilustración 26 Diagramas unifilares del edificio multifamiliar TGS

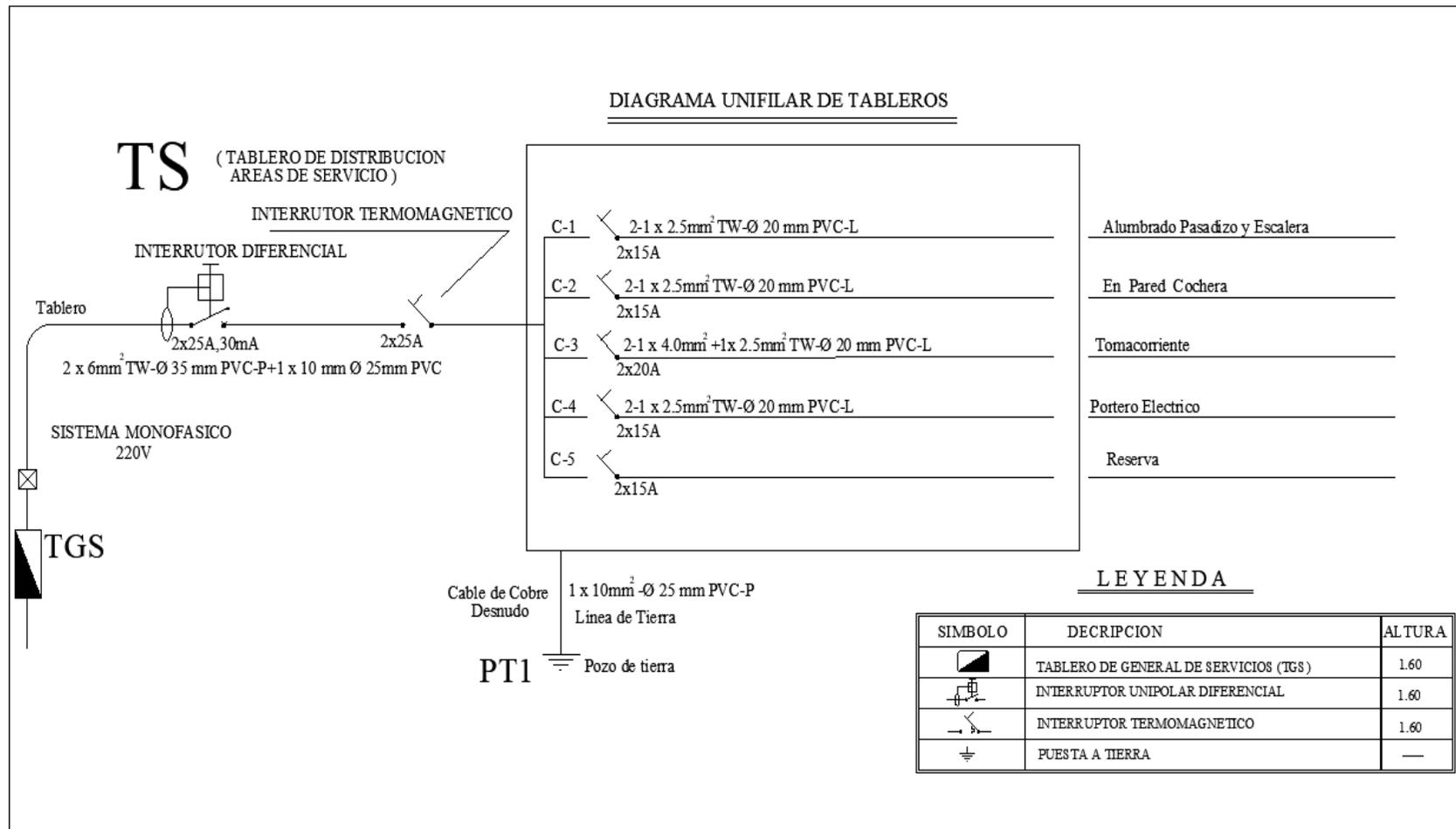


Ilustración 27: Diagramas unifilares del edificio multifamiliar TS

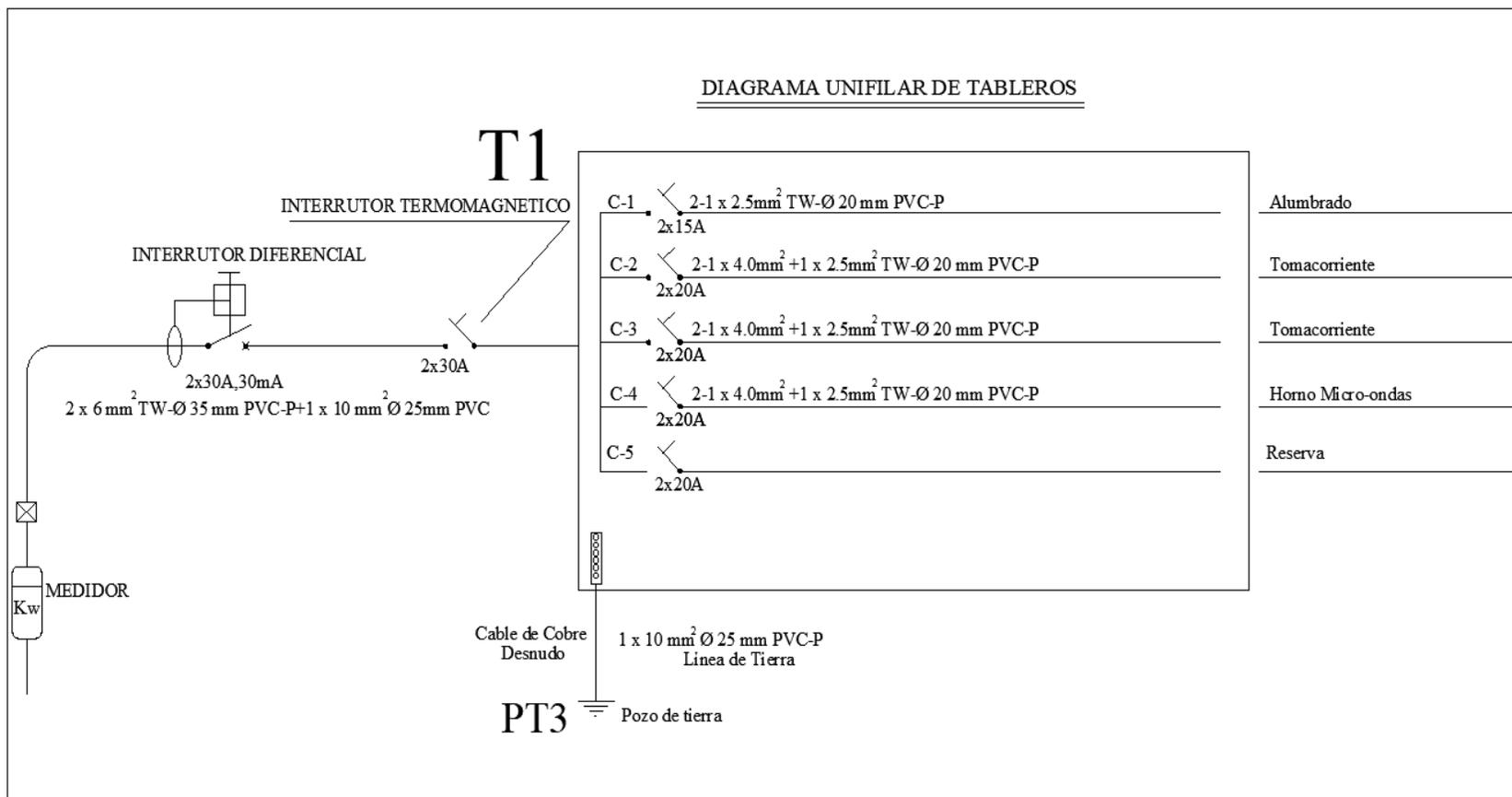


Ilustración 28: Diagramas unifilares del edificio multifamiliar T1

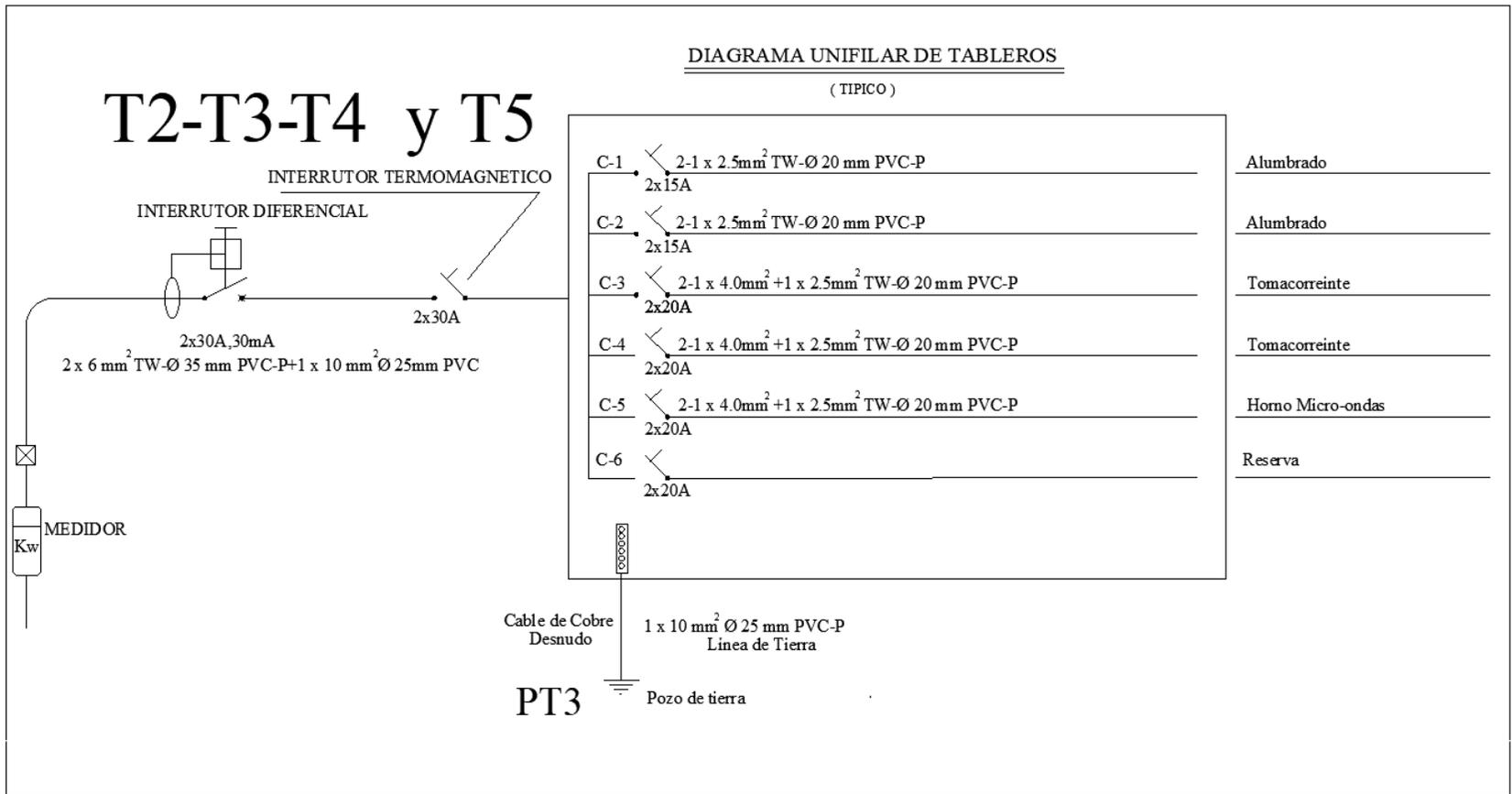


Ilustración 29: Diagramas unifilares del edificio multifamiliar T2

Anexo 16

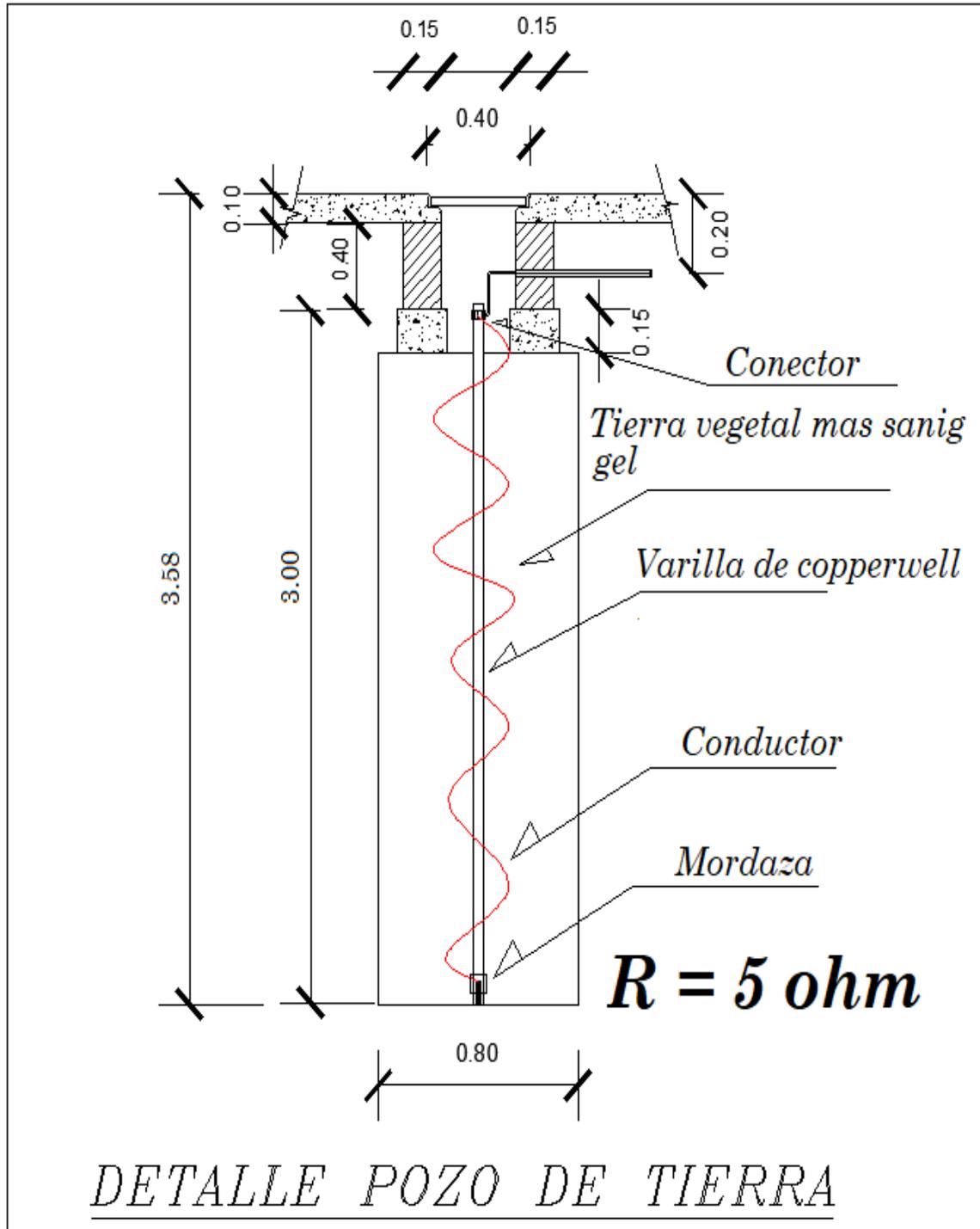


Ilustración 30

Anexo 17

RECIBO Nº 651-15244633
Los baños del inca, Cajamarca -

Marzo-2018

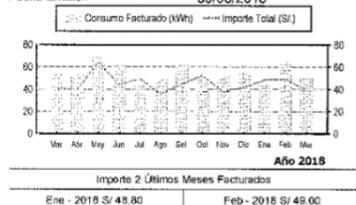
Para Consultas, su código es: **45847948**

SECOM PERU E.I.R.L.
Mz. G - 26 Urb. Colinas Victoria
20495787924

SECOM PERU E.I.R.L. - Mz. G Lote 26 Urb. Colinas Victoria

Tensión y SED	380/220 V - BT / D-371774	Recibo por Consumo del 25/02/2018 al 27/03/2018	
Sist. Eléctrico	SE0118 Cajamarca (C (ST2)	Cargo Fijo	3.04
Tipo de Conexión	Trifásica-Aérea(C2.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión	1.49
Opción Tarifaria	BT5B - Residencial	Energía Activa(S/ 12.8687+ 0.5720 x 22.0000 kWh)	25.45
Medidor N°	000000507014362 - Electrón.	Alumbrado Público (Alícuota : S/ 0.4427)	3.10
Hilos	4	Interés Compensatorio	0.29
Leectura Anterior	5,615.00 (24/02/2018)	SUB TOTAL	33.37
Leectura Actual	5,667.00 (27/03/2018)	Imp. Gral. a las Ventas	6.01
Diferencia de Lectura	52.00	Interés Moratorio	0.04
Factor	1.0000	Saldo por redondeo	-0.02
Consumo	52.00 kWh	Redondeo	-0.03
Cons. Prom.(6	54.83 kWh	Aporte Ley Nro. 28746	0.0083

Potencia Contratada	8.00 kW.	TOTAL RECIBO DE MARZO-2018	39.80
Inicio Contrato	17/06/2009	Descuento FOSE(Ley N°27510) S/ 4.29	
Término Contrato	16/06/2018		
Fecha Emisión	30/03/2018		



17/04/2018

TOTAL A PAGAR S/ ***39.80**

RECIBO Nº 651-15244633 **Marzo-2018**
Suministro: 45847948 SEMCOM PERU E.I.R.L.
Los baños del inca, Cajamarca - Cajamarca/
5810-2538- / 30/03/2018 / 17/04/2018
12780

TOTAL A PAGAR S/ ***39.80**

RECIBO Nº 651-15244634
Los baños del inca, Cajamarca -

Marzo-2018

Para Consultas, su código es: **45847966**

SECOM PERU E.I.R.L.
Mz. G - 26 Int. S.G. Urb. Colinas Victoria
20495787924

SECOM PERU E.I.R.L. - Mz. G Lote 26 Urb. Colinas Victoria

Tensión y SED	220 V - BT / D-371774	Recibo por Consumo del 25/02/2018 al 27/03/2018	
Sist. Eléctrico	SE0118 Cajamarca (C (ST2)	Cargo Fijo	3.04
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión	1.05
Opción Tarifaria	BT5B - Residencial	Alumbrado Público (Alícuota : S/ 0.4427)	0.44
Medidor N°	000000902004118 - Electrón.	Interés Compensatorio	0.05
Hilos	2	SUB TOTAL	4.58
Leectura Anterior	2,226.00 (24/02/2018)	Imp. Gral. a las Ventas	0.82
Leectura Actual	2,226.00 (27/03/2018)	Interés Moratorio	0.01
Diferencia de Lectura	0.00	Saldo por redondeo	-0.03
Factor	1.0000	Redondeo	0.02
Consumo	0.00 kWh	TOTAL RECIBO DE MARZO-2018	5.40
Cons. Prom.(6	10.17 kWh		

Potencia Contratada	1.40 kW.	TOTAL RECIBO DE MARZO-2018	5.40
Inicio Contrato	17/06/2009		
Término Contrato	16/06/2018		
Fecha Emisión	30/03/2018		



17/04/2018

TOTAL A PAGAR S/ ***5.40**

RECIBO Nº 651-15244634 **Marzo-2018**
Suministro: 45847966 SEMCOM PERU E.I.R.L.
Los baños del inca, Cajamarca - Cajamarca/
5810-2538- / 30/03/2018 / 17/04/2018
12770

TOTAL A PAGAR S/ ***5.40**

RECIBO N° 651-15244635

Marzo-2018

Los baños del inca, Cajamarca -

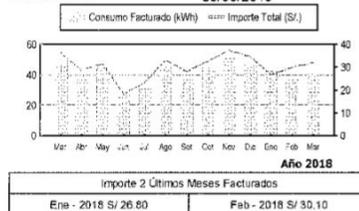
Para Consultas, su código es: **45847895**

SEMCOM PERU E.I.R.L.
Mz. G - 26 Int. -401 Urb. Colinas Victoria
20495787924

SEMCOM PERU E.I.R.L - Mz. G Lote 26 Urb. Colinas Victoria

Tensión y SED	220 V - BT / D-371774
Sist. Eléctrico	SE0118 Cajamarca (C (ST2)
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)
Opción Tarifaria	BT5B - Residencial
Medidor N°	00000090200411 - Electrón.
Hilos	2
Lectura Anterior	8,234.00 (24/02/2018)
Lectura Actual	8,276.00 (27/03/2018)
Diferencia de Lectura	42.00
Factor	1.0000
Consumo	42.00 kWh
Cons. Prom.(6	43.83 kWh

Potencia Contratada	1.30 kW.
Inicio Contrato	17/06/2009
Término Contrato	16/06/2018
Fecha Emisión	30/03/2018



17/04/2018

TOTAL A PAGAR S/ ***32.10**

RECIBO N° 651-15244635 **Marzo-2018**
 Suministro: 45847895 SEMCOM PERU E.I.R.L.
Los baños del inca, Cajamarca - Cajamarca/
 5810-2538- / 30/03/2018 / 17/04/2018
 12760

TOTAL A PAGAR S/ ***32.10**

RECIBO N° 651-15244637

Marzo-2018

Los baños del inca, Cajamarca -

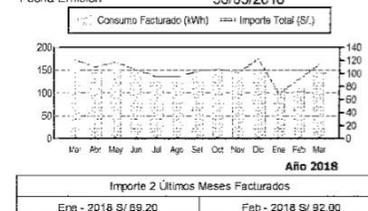
Para Consultas, su código es: **45847901**

Segovia Juarez, Tania
Mz. G - 26 Int. -301 Urb. Colinas Victoria

SEMCOM PERU E.I.R.L - Mz. G Lote 26 Urb. Colinas Victoria

Tensión y SED	220 V - BT / D-371774
Sist. Eléctrico	SE0118 Cajamarca (C (ST2)
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)
Opción Tarifaria	BT5B - Residencial
Medidor N°	00000090200417 - Electrón.
Hilos	2
Lectura Anterior	14,445.00 (24/02/2018)
Lectura Actual	14,581.00 (27/03/2018)
Diferencia de Lectura	146.00
Factor	1.0000
Consumo	146.00 kWh
Cons. Prom.(6	133.00 kWh

Potencia Contratada	1.30 kW.
Inicio Contrato	17/01/2012
Término Contrato	16/01/2019
Fecha Emisión	30/03/2018



17/04/2018

TOTAL A PAGAR S/ ***114.90**

RECIBO N° 651-15244637 **Marzo-2018**
 Suministro: 45847901 Segovia Juarez, Tania
Los baños del inca, Cajamarca - Cajamarca/
 5810-2538- / 30/03/2018 / 17/04/2018
 12740

TOTAL A PAGAR S/ ***114.90**

RECIBO N° 651-15244636
Los baños del inca, Cajamarca -

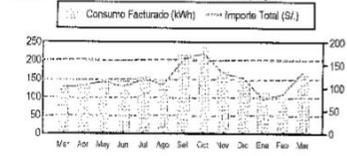
Marzo-2018

Para Consultas, su código es: **45847939**

Delgado Cruzado, Mayra Luz
Mz. G - 26 Int. -101 Urb. Colinas Victoria

SECOM PERU E.I.R.L. - Mz. G Lote 26 Urb. Colinas Victoria

Tensión y SED	220 V - BT / D-371774	Recibo por Consumo del 25/02/2018 al 27/03/2018	
Sist. Eléctrico	SE0118 Cajamarca (C (ST2))	Cargo Fijo	3.16
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión	1.05
Opción Tarifaria	BT5B - Residencial	Energía Activa(S/ 0.5949 x 166.000 Kwh)	98.75
Medidor N°	00000090200404 - Electrón.	Alumbrado Público (Alcuota : S/ 0.4427)	11.07
Hilos	2	Interés Compensatorio	0.44
Lectura Anterior	10,414.00 (24/02/2018)	SUB TOTAL	114.47
Lectura Actual	10,580.00 (27/03/2018)	Imp. Gra. a las Ventas	20.60
Diferencia de Lectura	166.00	Interés Moratorio	0.04
Factor	1.0000	Saldo por redondeo	-0.04
Consumo	166.00 kWh	Redondeo	0.05
Cons. Prom.(6	166.33 kWh	Aporte Ley Nro. 28749	0.0083
Potencia Contratada	1.10 kW.	TOTAL RECIBO DE MARZO-2018	136.50
Inicio Contrato	11/05/2016	Deuda Anterior (1 Mes.)	86.70
Término Contrato	10/05/2018	Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 3.92	
Fecha Emisión	30/03/2018		



Año 2018	
Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Ene - 2018 S/ 75.90	Feb - 2018 S/ 86.70

Fecha Corte:18/04/2018

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.



17/04/2018

TOTAL A PAGAR S/ ***223.20**

RECIBO N° 651-15244636 **Marzo-2018**
Suministro: 45847939 Delgado Cruzado, Mayra Luz
Los baños del inca, Cajamarca - Cajamarca/
5810-2538- / 30/03/2018 / 17/04/2018
12750

TOTAL A PAGAR S/ ***223.20**

RECIBO N° 651-15245998
Los baños del inca, Cajamarca -

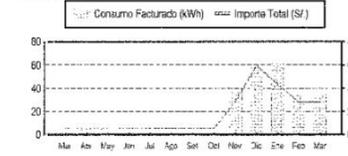
Marzo-2018

Para Consultas, su código es: **45847886**

Cubas Gamarra, Maria Margarita
Mz. G - 26 Int. -501 Urb. Colinas Victoria

SECOM PERU E.I.R.L. - Mz. G Lote 26 Urb. Colinas Victoria

Tensión y SED	220 V - BT / D-371774	Recibo por Consumo del 25/02/2018 al 27/03/2018	
Sist. Eléctrico	SE0118 Cajamarca (C (ST2))	Cargo Fijo	3.04
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión	1.05
Opción Tarifaria	BT5B - Residencial	Energía Activa(S/ 12.8887+ 0.5720 x 6.0000 Kwh)	16.30
Medidor N°	00000008789130 - Electrón.	Alumbrado Público (Alcuota : S/ 0.4427)	3.10
Hilos	2	Interés Compensatorio	0.39
Lectura Anterior	194.00 (24/02/2018)	SUB TOTAL	23.88
Lectura Actual	230.00 (27/03/2018)	Imp. Gra. a las Ventas	4.30
Diferencia de Lectura	36.00	Interés Moratorio	0.05
Factor	1.0000	Saldo por redondeo	0.02
Consumo	36.00 kWh	Redondeo	0.05
Cons. Prom.(6	38.90 kWh	Aporte Ley Nro. 28749	0.0083
Potencia Contratada	1.10 kW.	TOTAL RECIBO DE MARZO-2018	28.60
Inicio Contrato	06/10/2017	Descuento FOSE(Ley N°27510) S/ 4.29	
Término Contrato	05/10/2018		
Fecha Emisión	30/03/2018		



Año 2018	
Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Ene - 2018 S/ 43.90	Feb - 2018 S/ 28.10



17/04/2018

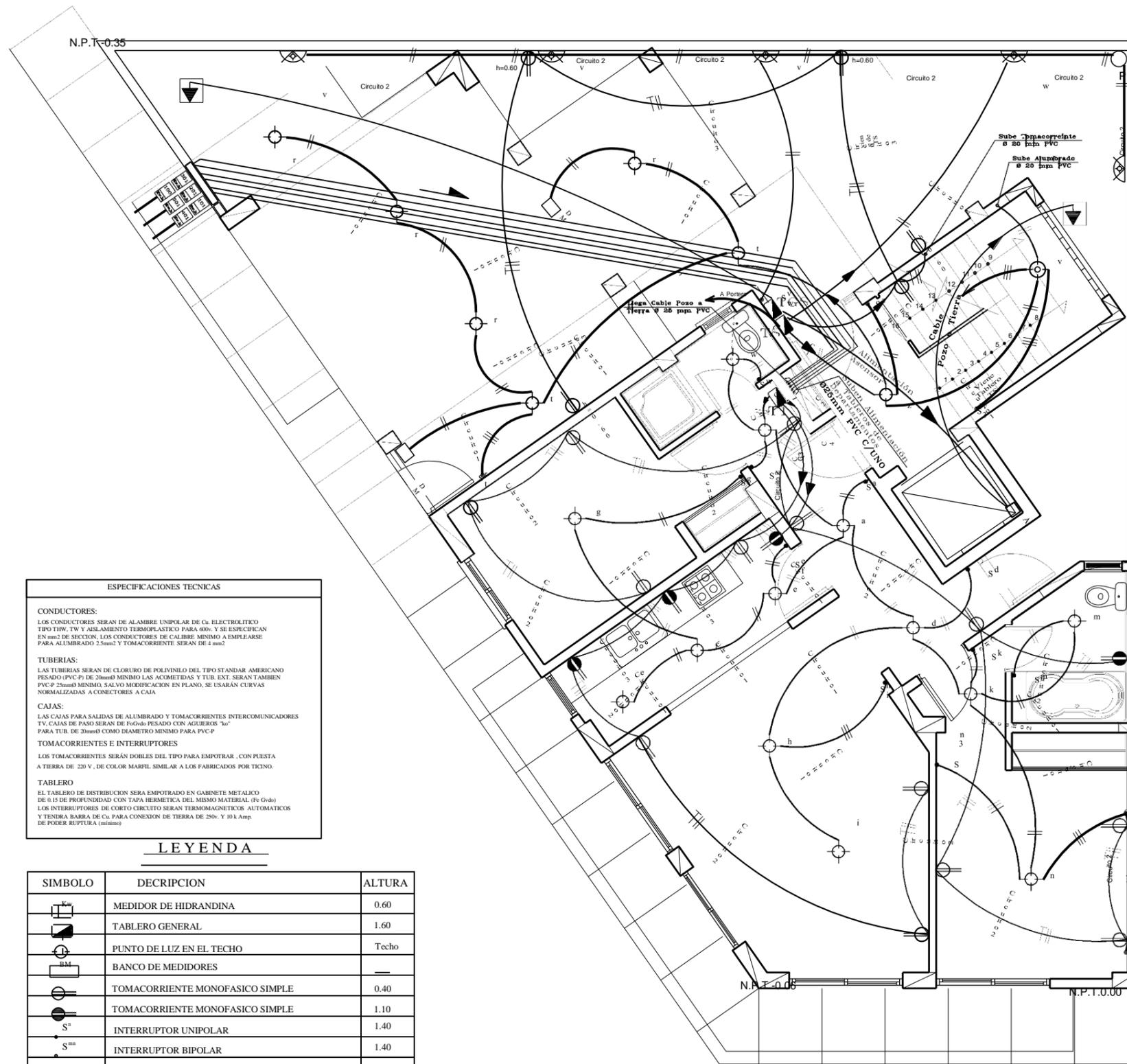
TOTAL A PAGAR S/ ***28.60**

RECIBO N° 651-15245998 **Marzo-2018**
Suministro: 45847886 Cubas Gamarra, Maria Marga
Los baños del inca, Cajamarca - Cajamarca/
5810-2538-3 / 30/03/2018 / 17/04/2018

TOTAL A PAGAR S/ ***28.60**

Anexo 18

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA				
AUTOR: Jara Fernández Carlos Lenin			FECHA: / /	
ASESOR:				
TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO PARA OPTIMIZAR EL COSTO POR CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA EN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DEL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
1. Problema General:	1. Objetivo General:	1. Hipótesis General:	V. Independiente	1. Tipo de Investigación:
¿Cómo reducir los costos del KWh de energía eléctrica en edificio multifamiliar del distrito de Baños del Inca, Cajamarca.?	Diseñar un sistema solar fotovoltaico, que reemplace el suministro de la red eléctrica nacional, para reducir los costos del KWh de energía eléctrica en edificio multifamiliar del distrito de Baños del Inca, Cajamarca.	Es factible técnica y económicamente, diseñar un sistema solar fotovoltaico, que reemplace el suministro de la red eléctrica nacional, para reducir los costos del KWh de energía eléctrica en edificio multifamiliar, del distrito de Baños del Inca, Cajamarca.	Sistema solar fotovoltaico	Es investigación del tipo aplicada, pues hace uso de técnicas y procedimientos de la ingeniería mecánica eléctrica para analizar y plantear soluciones a un problema, como es la reducción de los costos por consumo de energía eléctrica.
2. Problemas Específicos:	2. Objetivos Específicos	2. Hipótesis Específicas (opcional):	V. Dependiente:	2. Nivel de Investigación
	a) Determinar los niveles de radiación solar en el distrito de Baños del Inca. b) Diagnosticar la situación actual del consumo de energía eléctrica en edificio multifamiliar del distrito de Baños del Inca Cajamarca. c) Dimensionar los componentes del sistema solar fotovoltaico. d) Seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico, en función de tecnología, costo y capacidad. e) Determinar la factibilidad económica del sistema propuesto.		Costos del KWh de energía eléctrica.	Por el alcance de la investigación es descriptiva porque caracteriza un sistema solar fotovoltaico.
			V. Intervinientes:	3. Método:
				Se empleará el método deductivo porque se particularizará el estudio a un sistema para edificios multifamiliares, utilizando las teorías generales de sistemas solares fotovoltaicos.
				4. Diseño de la Investigación:
				El diseño de investigación es no experimental porque no se manipulará ninguna de las variables; transversal porque el estudio se realizará por única vez en un determinado momento.
				5. Población:
				Edificio multifamiliar del distrito de Baños del Inca, Cajamarca.
				6. Muestra:
				01 edificio multifamiliar.
				7. Técnicas:
				Observación del uso de energía.
				Análisis documental de costos por consumo y parámetros de diseño.
				8. Instrumentos:
				Ficha de registros
				9. Indicadores:
				Potencia suministrada por el sistema fotovoltaico (KW)
				Nivel de autonomía (horas)
				Costo del KWh de energía eléctrica (ctm. S./kWh)



ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONDUCTORES:
 LOS CONDUCTORES SERAN DE ALAMBRE UNIPOLAR DE Cu ELECTROLITICO TIPO THW, TW Y AISLAMIENTO TERMOPLASTICO PARA 600v. Y SE ESPECIFICAN EN mm² DE SECCION. LOS CONDUCTORES DE CALIBRE MINIMO A EMPLEARSE PARA ALUMBRADO 2.5mm² Y TOMACORRIENTE SERAN DE 4 mm².

TUBERIAS:
 LAS TUBERIAS SERAN DE CLORURO DE POLIVINILO DEL TIPO STANDARD AMERICANO PESADO (PVC-P) DE 20mm^ø MINIMO LAS ACOMETIDAS Y TUB. EXT. SERAN TAMBIEN PVC-P 25mm^ø MINIMO. SALVO MODIFICACION EN PLANO, SE USARAN CURVAS NORMALIZADAS A CONECTORES A CAJA.

CAJAS:
 LAS CAJAS PARA SALIDAS DE ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES INTERCOMUNICADORES TV, CAJAS DE PASO SERAN DE FODIDO PESADO CON AGUJEROS "10" PARA TUB. DE 20mm^ø COMO DIAMETRO MINIMO PARA PVC-P.

TOMACORRIENTES E INTERRUPTORES
 LOS TOMACORRIENTES SERAN DOBLES DEL TIPO PARA EMPOTRAR, CON PUESTA A TIERRA DE 220 V., DE COLOR MARFIL SIMILAR A LOS FABRICADOS POR TICINO.

TABLERO
 EL TABLERO DE DISTRIBUCION SERA EMPOTRADO EN GABINETE METALICO DE 0.15 DE PROFUNDIDAD CON TAPA HERMETICA DEL MISMO MATERIAL (Fe Galv).
 LOS INTERRUPTORES DE CORRIENTE SERAN TERMOMAGNETICAS AUTOMATICOS Y TENDRA BARRA DE Cu PARA CONEXION DE TIERRA DE 250v. Y 10 k Amp. DE PODER RUPTURA (minimo).

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION	ALTURA
	MEDIDOR DE HIDRANDINA	0.60
	TABLERO GENERAL	1.60
	PUNTO DE LUZ EN EL TECHO	Techo
	BANCO DE MEDIDORES	—
	TOMACORRIENTE MONOFASICO SIMPLE	0.40
	TOMACORRIENTE MONOFASICO SIMPLE	1.10
	INTERRUPTOR UNIPOLAR	1.40
	INTERRUPTOR BIPOLAR	1.40
	DETECTOR DE MOVIMIENTO	—
	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA	—
	SPOT LINGH	Techo
	BRAQUETE	1.80
	CONDUCTOR DE ACOMETIDA EN MURO O TECHO	—
	CONDUCTOR DE ACOMETIDA EN PISO	—

PRIMERA PLANTA

(ESCALA 1/50)