

**ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA
EN LA CASA CULTURAL Y BAÑOS PÚBLICOS DE LA PLAZA PRINCIPAL
SIMÓN BOLÍVAR DE ANAPOIMA, CUNDINAMARCA.**

Proyecto Dirigido para obtener el título de Ingeniero Ambiental

JUAN CARLOS DUARTE CASTILLO

Universidad Nacional Abierta y A Distancia - UNAD

CEAD JOSE ACEVEDO Y GOMEZ

ECAPMA Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2017

**ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA
EN LA CASA CULTURAL Y BAÑOS PÚBLICOS DE LA PLAZA PRINCIPAL
SIMÓN BOLÍVAR DE ANAPOIMA, CUNDINAMARCA.**

JUAN CARLOS DUARTE CASTILLO

Proyecto de grado presentado para optar el título de Ingeniero Ambiental

Director de Proyecto

Docente: María Angélica Cardozo

UNAD Universidad Nacional Abierta y A Distancia

CEAD JOSE ACEVEDO Y GOMEZ

ECAPMA Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

INGENIERÍA AMBIENTAL

Bogotá, Colombia

2017

Resumen

La presente propuesta de trabajo de grado se desarrolló con el fin de realizar un estudio de viabilidad económica e implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en los edificios de la Casa de la Cultura y las baterías sanitarias del parque principal Simón Bolívar ubicadas en el municipio de Anapoima - Cundinamarca, se determinó una malla de costos y una tasa de reingreso de la inversión inicial con su correspondiente proyección en años; esto permitió establecer un monto inicial de inversión, un proceso de depreciación de equipos y un costo de reintegro de la misma en años, reflejando indicios productivos del proyecto en años.

De acuerdo a lo anterior, como primera medida se elaboró un diagnóstico de la situación actual de la institución, con respecto al consumo de energía eléctrica convencional utilizada por los equipos y aparatos existentes; esta característica determina un plan de ahorro y un programa de eficiencia energía en ambos edificios, esto con el fin de disminuir el consumo, sin perder la cantidad y la calidad de servicio eléctrico presente; con ello se genera un ahorro energético, que es reflejado en reducción de paneles y vatios de potencia del inversor.

Posterior a esto se ha desarrollado un diseño solar fotovoltaico, que se caracteriza por el análisis inicial de la latitud del lugar y sus condiciones geográficas que presenta la zona evaluadas desde la humedad, altura sobre el nivel de mar, temperatura promedio, radiación solar anual; todos estos factores locales hacen que el diseño de la instalación solar fotovoltaica (ISFTV), pueda ser medible en condiciones de mínima y máxima radiación solar anual, con esto se determina los dos principales puntos de generación y capacidad del generador que debe

ubicarse bajo la relación de orientación y grados de inclinación óptimos del lugar, que claramente buscan el máximo rendimiento del generador en las peores condiciones ambientales que puede tener el sistema de paneles solares.

La relación anteriormente, propuesta y basado en el cálculo máximo de consumos, determina el tamaño, ubicación del generador que se encontrara relacionado en alimentar un inversor fotovoltaico que debe ser diseñado y calculado para este tipo de generador propuesto; en este punto, el diseñador del sistema fotovoltaico debe considerar algunas relaciones de potencia, tensión, amperaje y caída de tensión que determinaran el balance de la instalación Solar fotovoltaica (SFTV), este punto es esencial dado que el buen balance presentara el éxito del proyecto.

Basándose en los supuestos de generación energética y los posibles consumos energéticos con tendencia a varios años, se desarrolla un plan de generación eléctrica anual, que reflejara igualmente la inyección de remanentes energéticos al sistema convencional de energía; estos aspectos hacen que la ISFTV, genere tasas de amortización y recuperación de la inversión inicial mostrando las posibles ganancias económicas que podría generarse en periodos de tiempo específicos, al tener esta información se puede simular los ingresos y egresos que tendría la ISFTV proyectada en los iniciales 15 con una tendencia a los 30 años como máximo de la instalación.

Contenido

Resumen.....	3
Índices de ecuaciones.....	9
Índice de graficas	11
Índice de imágenes.....	12
Índice de tablas	14
Planteamiento del problema.....	15
Justificación	19
Objetivos.....	22
Objetivo general	22
Objetivos específicos.....	22
Marco conceptual y teórico.....	23
Contexto general del cambio climático del planeta.....	23
Nuestra realidad	27
La base de unos cuestionamientos	29
¿Cómo funciona la energía solar fotovoltaica?	29
¿Cómo funciona un módulo fotovoltaico?	31
¿Qué es una instalación fotovoltaica?	33
Ubicación	35
Información geográfica del proyecto.....	36
Recursos Ambientales históricos.....	37
Recurso Solar	37
Climatología.....	38
Características básicas de las edificaciones.....	39
Casa de la cultura.	39
Área de recepción General:.....	40
Plazoleta interna:.....	41
Área de Biblioteca:	41
Área de Salón Interactivo	42
Baños internos de la edificación	43
Área de Ensayos y Salón múltiple:	44
Área de parqueadero, zona proyectada, espacio no construido:	45
Planos arquitectónicos de la casa de la cultura.....	45

Cubierta de la casa de la cultura	46
Baños Públicos plazoleta principal.....	46
Inventario energético actual	49
Casa de la Cultura	49
Baños de la Plaza principal Simón Bolívar	49
Requisitos de diseño	54
Información Meteorológica	55
Recurso Solar.....	56
Temperatura.....	58
Viento	59
Análisis de variables y parámetros meteorológicos.	60
Cálculos Justificados.....	61
Orientación de la cubierta presente para la instalación del generador fotovoltaico.	61
Inclinación optima en función de la latitud.	63
Criterio de máxima captación solar	64
Radiación sobre una superficie inclinada	65
Factor de irradiación [FI].....	66
Calculo de la Constante K para el periodo de diseño	68
Calculo de pérdidas por factores de inclinación y orientación no óptimos.	69
Factores de sombreado.....	70
Valor medio mensual de irradiación diaria sobre una superficie horizontal	71
Performance Ratio PR	72
Inventario de los equipos y aparatos electricos.....	72
Dimensionamiento del generador fotovoltaico.....	78
Calculo del generador fotovoltaico.....	81
Conexión de módulos en serie/paralelo:.....	82
Parámetros eléctricos de un generador fotovoltaico dependen directamente de los parámetros de sus módulos.....	83
Potencia resultante del generador: P_{GmaxW}	85
Tensión de circuito abierto del generador: $U_{G ocV}$	86
Intensidad de cortocircuito del generador $I_{G sc(A)}$	86
Tensión Máxima del Generador $U_{G mpp(V)}$	86
Intensidad Máxima del Generador $I_{G mpp(A)}$	86
Coeficiente intensidad-temperatura del generador α_G	87
Coeficiente intensidad-temperatura del generador β_G	87
Dimensionamiento del sistema de acumulación.....	87
Calculo de valor consumo medio diario (Ah/día).....	88
La capacidad total del sistema de acumulación se calcula con la expresión:	88
Verificación de la condición de la capacidad de los acumuladores o baterías	89
Calculo por perdida de temperatura.....	89
Tiempo de uso diario	90

Periodo de autonomía	90
Selección del tipo, carga, amperaje de la batería.....	91
Dimensionamiento del inversor de trabajo.....	93
Dimensionamiento de cables	95
Conductores de Corriente Continua.	96
Recopilación de datos.....	98
Las corrientes a considerar en cada tramo de línea son:	101
Máxima caída de tensión permitida.....	103
Cálculo por caída de tensión en función de Potencia para determinar la sección:.....	104
Calibre comerciales de alambre.....	106
Cálculo por calentamiento	106
Factores de corrección	107
Determinación de la sección.....	108
Protecciones eléctricas.....	109
Referencias de uso de fusibles.....	110
Sistema puesta a tierra	111
Para el caso académico	112
Cajas de conexión y conectores fotovoltaicos	112
Estructura de soporte.....	114
Soporte sobre tejado o cubierta	114
Presupuesto y análisis económico de la instalación solar fotovoltaica.	114
Análisis económico de la instalación.....	116
Entradas económicas del proyecto	117
Flujo de caja	118
Diseño fotovoltaico para los baños de la plaza Simón Bolívar del municipio de Anapoima Cundinamarca.	128
Conclusiones.....	130
Referencias.....	134
Anexo 1. Estación meteorológica las mercedes.....	139
Anexo 2. Variables solicitadas al Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM.	140
Anexo 3. Información complementaria de la página Surface meteorology and Solar Energy... ..	142
Anexo 4. Inventario equipos. Casa de la cultura.	143
Anexo 5. Resumen de consumos anuales de la Casa de la cultura.....	144
Anexo 6. Ficha Técnica de Paneles Solares TRINASOLAR TSM-325- PD14	145
Anexo 7. Ficha Técnica de Inversor de carga SUNNY TRIPOWER.....	147

Anexo 8. Factores de corrección en intensidades admisibles en conductores para instalaciones aéreas y cerradas	149
Anexo 9. Cable de Baja Tensión EXZHELLENT Solar ZZ-F.....	151
Anexo 10. Métodos de instalación de referencia	157
Anexo 11. Fusibles y Break de Energía Solar	158
Anexo 12. Referencias de conectores solares	163
Anexo 12. Definiciones y abreviaturas.....	166
Definiciones.....	166
Abreviaturas	169
De carácter general:	169
Generador fotovoltaico:	170
Plano 1. Ubicación Geográfica del lugar de estudio.....	178
Plano 2. Distribución Arquitectónica de la casa de la cultura	179
Plano 3. Distribución Arquitectónica de las baterías Sanitarias - Plaza	180
Plano 4. Detalle de la conexión de paneles solares en paralelo y serie	181
Plano 5. Estructura Cubierta – Detalles	182
Plano 6. Cubierta general y conexión	183
Plano 7. Cubierta y conexión – Detalles.....	184
Plano 8. Esquema Unifilar	185

Índices de ecuaciones

Ecuación 1. Determina el Acimut presente en la estructura con respecto al sur	63
Ecuación 2. Determina el Angulo B presente en la estructura de la cubierta	63
Ecuación 3. Angulo de inclinación optimo en grados con respecto a la latitud	64
Ecuación 4. Radiación sobre una superficie inclinada con un Angulo de 23 grados	66
Ecuación 5. Calculo del Factor de Irradiación FI, con respecto al Angulo	67
Ecuación 6. Calculo para irradiación sobre la superficie con inclinación y acimut no óptimos .	67
Ecuación 7. Calculo de la Constante K para el Angulo de trabajo expuesto en el diseño.....	68
Ecuación 8. Perdidas por factores de inclinación y orientación NO optima.....	69
Ecuación 9. Valor medio mensual de irradiación diaria sobre una superficie horizontal - Condiciones establecidas	71
Ecuación 10. Calculo del consumo de energía estimado.....	73
Ecuación 11. Porcentaje de ajuste del consumo eléctrico.....	74
Ecuación 12. Valor mínimo de potencia del generador fotovoltaico PG min	79
Ecuación 13. Valor máximo del Generador Fotovoltaico PG máx.....	79
Ecuación 14. Valor mínimo de potencia del generador fotovoltaico PG min - Calculado.....	81
Ecuación 15. Valor máximo del Generador Fotovoltaico PG máx. – Calculado	81
Ecuación 16. Intensidad del generador (A).....	82
Ecuación 17. Tensión del generador (V)	82
Ecuación 18. Potencia máxima del generador (W).....	83
Ecuación 19. Calculo para la potencia resultante del generado.....	85
Ecuación 20. Calculo Tensión de circuito abierto del generador	86
Ecuación 21. Calculo de Intensidad de cortocircuito del generador.....	86
Ecuación 22. Calculo Tensión Máxima del Generador	86
Ecuación 23. Calculo Intensidad Máxima del Generador.....	86
Ecuación 24. Calculo Coeficiente intensidad-temperatura del generador α_G	87
Ecuación 25. Calculo Coeficiente intensidad-temperatura del generador β_G	87
Ecuación 26. Calculo de valor consumo medio diario (Ah/día).....	88
Ecuación 27. Calculo capacidad total del sistema de acumulación	89
Ecuación 28. Calculo Verificación de la condición de la capacidad de los acumuladores.....	89
Ecuación 29. Calculo por perdida de temperatura	90
Ecuación 30. Calculo de Tiempo de uso diario	90
Ecuación 31. Tiempo final del periodo de autonomía	91
Ecuación 32. Cálculo de corriente en el tramo L1	102
Ecuación 33. Cálculo de corriente en el tramo L2.....	102
Ecuación 34. Cálculo de corriente en el tramo L3.....	103
Ecuación 35. Cálculo de corriente en el tramo L4.....	103
Ecuación 36. Caída de tensión	104
Ecuación 37. Ecuaciones de caída de tensión por cada tramo	104
Ecuación 38. Comprobación de la caída total de la trayectoria más desfavorable	104
Ecuación 39. Fórmula para Tramo de líneas Monofásicas	104
Ecuación 40. Cálculo para Tramos de líneas Monofásicas.....	105

Ecuación 41. Determinación de la sección y el calibre del cable de cobre función tensión.....	106
Ecuación 42. Cálculos por Calentamiento para cada tramo de trabajo.....	106
Ecuación 43. Cálculo de intensidades por calentamiento.....	107
Ecuación 44. Determinación de la sección y el calibre del cable de cobre en la función de Temperatura	108
Ecuación 45. Selección del diámetro comercial del cable mínimas	108
Ecuación 46. Tabla de relación de fusibles o break.....	110

Índice de graficas

Gráfica 1. Niveles de irradiación diarias promediados para cada mes en el periodo de 2016	57
Gráfica 2. Registro de temperaturas anuales del año 2012.....	59
Gráfica 3. Entradas y Salidas económicas reflejas en pesos del proyecto en una duración de 25 años	125
Gráfica 4. Flujo de Caja reflejado en pesos del proyecto en una duración de 25 años	125
Gráfica 5. Beneficios económicos acumulados en pesos del proyecto en una duración de 25 años	126
Gráfica 6. Representación de la rentabilidad financiera y el TIR en % del proyecto en una duración de 25 años	126

Índice de imágenes

Imagen 1. Silicio con impureza pentavalente	32
Imagen 2. Unión PN.....	32
Imagen 3. Partes de un panel	33
Imagen 4. Partes de un Panel Solar.....	33
Imagen 5. Kit Sistema Fotovoltaico Aislado	34
Imagen 6. Ubicación geográfica de las edificaciones que pretenden tener energía renovable, se muestra el departamento de Cundinamarca, la provincia, municipio, casco urbano y por ultimo edificios proyectados	36
Imagen 7. Ubicación geográfica de la estación meteorológica “las mercedes” y la casa de la cultura del municipio de Anapoima.....	38
Imagen 8. Zona de recepción principal y área de galería de exposición	40
Imagen 9. Área de esparcimiento pasivo, zona de lectura recreativa y espacio de transito general	41
Imagen 10. Área de Biblioteca zona de atención al público y estantes de libros.	41
Imagen 11. Área del salón interactivo – Vive Digital.....	42
Imagen 12. Pasillo que conecta con el cuarto de aseo (fondo), Baterías sanitarias personas con discapacidad (primera puerta - izq.) y baño de hombres (segunda puerta – izq.).....	43
Imagen 13. Área de almacenamiento de utilería, vestuario e instrumentos.....	44
Imagen 14. Salón de eventos, presentaciones y aula múltiple.....	44
Imagen 15. Zona de parqueo de vehículos y depósito de almacenamiento de objetos de la alcaldía	45
Imagen 16. Cubierta de la casa de la cultura, mirada norte del predio	46
Imagen 17. Detalle Plano Arquitectónico de distribución espacial de las Baterías Sanitarias	47
Imagen 18. Plazoleta Simón Bolívar, Estructura sanitaria parte superior, casa de la cultura (detrás del árbol central de la imagen).....	48
Imagen 19. Diseño Arquitectónico planteado para la construcción y desarrollo de la casa de la cultura	51
Imagen 20. Angulo de acimut (α) de un módulo fotovoltaico.....	61
Imagen 21. Se establece el norte por medio de Google Earth por medio de trazo digital	61
Imagen 22. Se direcciona el borde del predio y la cubierta del mismo	62
Imagen 23. Angulo de inclinación (β)	62
Imagen 24. Determinación del Angulo (α) y (β).....	62
Imagen 25. Rendimiento de un generador fotovoltaico en función de la orientación e inclinación con respecto a la orientación e inclinación óptimas.....	70
Imagen 26. Vista panorámica del tejado de la casa de la cultura, colocando de primer plano el acimut sur (centro de la imagen).....	71
Imagen 27. Detalle de ejemplo de la conexión en serie y paralelo de los paneles solares	84
Imagen 28. Información de paneles fotovoltaicos y su correspondiente cálculo del generador, voltaje y cálculo no superior al 20%	85
Imagen 29. Dimensionamiento del acumulador bajo las condiciones iniciales.....	92
Imagen 30. Relación de diseño y cálculo del inversor.....	94
Imagen 31. Cables recomendados a emplear serán Exzhellent Solar	97

Imagen 32.	Recorrido de los conductores en ISFTV con un regulador de carga	98
Imagen 33.	Recorrido de los conductores en ISFTV SIN un regulador de carga.....	99
Imagen 34.	Relación de cargas para dimensionamiento de conductores	101
Imagen 35.	Break - Fusible referencia 10X38	110
Imagen 36.	Fusibles NH1 para tensiones superiores a 500v.....	111
Imagen 37.	Conectores Fotovoltaicos de 4 mm.....	113
Imagen 38.	Estructuras de soporte sobre tejados y superficies planas.....	115
Imagen 39.	Información base para el estudio de viabilidad económica	119
Imagen 40.	Estaciones meteorológicas relacionadas en la zona y ficha técnica de la estación relacionada en el proyecto	139
Imagen 41.	Fotografías de la estación las mercedes	139

Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación geográfica del proyecto. - Ficha técnica.....	36
Tabla 2. Inventario de aparatos eléctrico baterías sanitarias parque.....	49
Tabla 3. Inventario de aparatos eléctricos del edificio de la Casa de la Cultura. Relación de equipos sin horas de trabajo.....	52
Tabla 4. Información Estación Meteorológica.....	55
Tabla 5. Información suministrada en el año 2017 por el satélite de la NASA,.....	56
Tabla 6. Irradiación solar diaria sobre el plano horizontal [kWh/m ² /día] Enero 2016– Junio 2016.....	57
Tabla 7. Irradiación solar diaria sobre el plano horizontal [kWh/m ² /día] Julio 2016 – Diciembre 2016.....	57
Tabla 8. Registros de temperatura año 2012 Enero-Junio	58
Tabla 9. Registros de temperatura año 2012 Julio - Diciembre.....	58
Tabla 10. Velocidad del Viento [m/s] en el año 2015 Enero - Junio.....	59
Tabla 11. Velocidad del Viento [m/s] en el año 2015 Julio – Diciembre.....	59
Tabla 12. Inclinationes óptimas en función del periodo de máxima captación	64
Tabla 13. Número de días al mes que llueve Enero - Junio.....	65
Tabla 14. Número de días al mes que llueve Julio - Diciembre	65
Tabla 15. Inclination óptima en función de la latitud (Φ) y relación K entre la irradiación diaria.....	68
Tabla 16. Porcentaje de Consumo - Propuesto	76
Tabla 17. Porcentaje de Consumo - Inventariado.....	76
Tabla 18. Consumos Wh/día por cada Área - Propuesto	76
Tabla 19. Consumos Wh/día por cada Área - Inventariado.....	76
Tabla 20. Comparativo del ahorro energético por cada área - Comparativo - Propuesto Vs Inventario	77
Tabla 21. Propuesta de equipos eficientes para reducción de gasto.	80
Tabla 22. Relación de datos e información del generador Fotovoltaico.....	87
Tabla 23. Diámetros de los conductores de puesta en tierra del sistema	112
Tabla 24. Presupuesto de la Instalación Solar Fotovoltaica.....	121
Tabla 25. Detalle análisis financiero de la ISFTV en el periodo del 1 al 15 (años)	123
Tabla 26. Detalle análisis financiero de la ISFTV en el periodo del 16 al 30 (años)	124
Tabla 27. Presupuesto Baños Plaza simón Bolívar.....	129
Tabla 29. Información de base de la estación.	140
Tabla 30. Parámetros de mediación de la estación climatológica.....	140
Tabla 31. Información detallada de la zona de estudio. (NASA, 2017)	142

Planteamiento del problema

El sistema interconectado regional, se encuentra diseñado en pro de cumplir una demanda constante de energía a los usuarios adscritos, pero el alto costos en la prestación del servicio y la falta de una seguridad en la prestación del servicio eléctrico en tiempos de sequía; hace que el sistema presente debilidades por factores climáticos como ambientales. Si se toman, estas debilidades y se convierten en fortalezas, existe la alternativa en la generación de electricidad para el auto consumo, con la posible venta de remanentes inyectados a la red, esta alternativa poder ser utilizadas de forma masiva por las comunidades menos favorecidas a nivel rural, pero el estado presentara el ejemplo al poder implementar estas alternativas energéticas en los edificios administrativos, públicos y de operación en las entidades del estado.

La energía eléctrica en el municipio de Anapoima – Cundinamarca es proporcionada por medio de la línea que viene de la hidroeléctrica del Guavio, en la cual se genera el 20% de la energía del país, este servicio es prestado por la firma EMPRESA DE ENERGIA DE CUNDINAMARCA (actualmente CODENSA) su cobertura en general es buena, cubriendo la totalidad del sector urbano y el 65% del sector rural, la demanda mensual de energía eléctrica del municipio de Anapoima es de 0,52806 Gwh (Anapoima A. d., 2016).

Como es conocimiento de todos, en ciertas épocas del año y en ciertos momentos históricos, el abastecimiento de energía eléctrica se ha visto afectado por los efectos de la variabilidad climática y el fenómeno del niño, donde como consecuencia de la baja precipitación, los embalses empleados para el funcionamiento de las hidroeléctricas se han encontrado en sus más bajos niveles, lo cual limita la generación de energía eléctrica en el país, debido a que el 74.9%

de la energía eléctrica en Colombia proviene de centrales hidroeléctricas (Energía, 2016). Con base en lo anterior es posible determinar que actualmente Colombia presenta una alta dependencia de sus recursos hidroeléctricos, situación que expone al país en un riesgo constante de escasez y altos precios de la energía debido a los efectos del cambio climático y a las sequías causadas por las diferentes acciones humanas.

De acuerdo a estos altos consumos, al incremento en la demanda energética que año tras año se ha presentado en el país, así como las dificultades en el abastecimiento de energía eléctrica que se presenta debido a la variabilidad climática, es necesario tomar medidas para emplear fuentes de energías renovables que no causen mayores impactos negativos sobre el ambiente, esto no quiere decir, que energía generada por las hidroeléctricas no es amigable con el ambiente; es claro que la generación y producción de energía es sostenible ambientalmente, pero NO lo fue la construcción, dado que su impacto ambiental, social y económico repercute notablemente por generaciones, tanto en la inundación de terrenos, cambios hidrológico, pérdidas de especies, generación de biomasa en volúmenes importantes en deforestación y cortes de árboles y especies nativas como endémicas, NUNCA serán recuperadas; no obstante algunos tipos de generación eléctrica en su cogeneración presentan altos índices de daño y deterioro ambiental entre ellas podemos contar la generación de energía a partir de termoeléctricas (Carbón, petróleo y gas natural). Por lo mencionado anteriormente, el estado Colombiano ha presentado su interés en particular para incentivar el uso de energías alternativas o renovables, impulsándolas a nivel nacional; es así como a través de la Ley 1715 de 2014 el Gobierno de la República pretende promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía en el sistema energético nacional como medio para el desarrollo económico sostenible, la

reducción de emisión de gases efecto invernadero y la seguridad de abastecimiento energético, involucrando a entidades privadas y públicas; estas últimas tienen la obligación de ley de fomentar el aprovechamiento de la misma en proyectos de interés general tales como urbanizaciones municipales, edificaciones oficiales, sectores industriales, sectores residenciales y comerciales (República de Colombia, 2016); con ello, se busca establecer una cobertura energética a nivel nacional, que no dependa necesariamente de la energía producida por medio de las hidroeléctricas y termoeléctricas, lo que se desea es tener una seguridad energética basada en múltiples tecnologías en pro de incentivar las renovables como fuentes secundarias y viables en el territorio aprovechando de esta forma su privilegiada situación geográfica, con este meta el estado desea que se integre múltiples sectores de la sociedad, como actores grupales en pro de ser un elemento de desarrollo rápido con eficiencias duraderas y el con aprovechamiento total de la tecnología energética.

Estos aspectos de generación, transporte y consumo eléctrico, basados en la necesidad energética, hace que Colombia presente interés en Fuentes No Convencionales De Energía Renovables (FNCER) y tecnologías no convencionales para rápido desarrollo y progreso, pero para ello se soporta el estado bajo la ley 1715 del 2014 Artículo 19, donde se incentiva el aprovechamiento del recurso solar en proyectos de urbanización municipal o distrital, en edificaciones oficiales; lo que no se ha evidenciado en el momento de la investigación bibliográfica, lo que demostraría una apremiante necesidad de estudios técnicos, económicos y de viabilidad para el desarrollado económico de esta cogeneración energética que puede ser usada como ejemplo ambiental y sustentable en las estructuras gubernamentales o públicas a nivel regional; e igualmente será un referente local de desarrollo energético en poblaciones

urbanas alejas de cascos urbanos desarrollados; por tal motivo se plantea el siguiente interrogante: *¿Existen estudios de análisis de viabilidad técnica y económica frente a la conversión de energía eléctrica tradicional a fotovoltaica en edificios del estado que se encuentren localizados en los municipios de Cundinamarca?*

La respuesta a este interrogante es negativa, y conforme a la investigación bibliográfica, NO se evidencia estudios con respecto a un análisis de viabilidad técnica como económica de conversión energética tradicional a fotovoltaica para estructuras o edificios del estado; no hay referencias de cogeneración de energía donde sus excedentes sean inyectados a redes de generación distribuida, no se evidencia un esquema de medición con la posibilidad de medición en doble vía, por lo tanto el interés primordial de la propuesta es desarrollar un estudio serio y preciso de las condiciones energéticas ya sea de un edificio, estructura, alcaldía o demás predio del estado que presente consumo energético tradicional, con esto se quiere plantear en detalle las necesidades energéticas del recinto, las proyecciones futuras, la tasa de interna de retorno de la inversión, la razón de beneficio económico de la entidad, y sobre todo presentar un ejemplo claro que el estado inicia sus pasos de valoración energética para una posible conversión a futuro o en el mejor de los casos tener un esquema de autogeneración con la inyección de remanentes a la red de distribución.

Justificación

La energía es fundamental para la realización de diversas actividades y procesos, por ejemplo, para el funcionamiento de cualquier dispositivo de iluminación, electrodomésticos, equipos de diferentes tipos, y entre otros, para todo esto es necesario contar con energía eléctrica la cual se puede generar a partir de diferentes fuentes ya sean renovables o no renovables; las fuentes no renovables, han sido las más utilizadas desde años atrás y se han convertido en la principal fuente de abastecimiento energético, pero así mismo han realizado un gran aporte al deterioro del ambiente gracias a las prácticas requeridas para su generación; por el contrario las fuentes de energías renovables hasta hace pocos años han tomado fuerza y se han venido implementando, son recuperables en el tiempo y sus impactos ambientales son mínimos, con el empleo de ellas se evitan emisiones contaminantes y se disminuye la generación de desechos, así mismo contribuyen a un equilibrio estratégico en el suministro de energía y desarrollo más sostenible.

Colombia en los últimos años ha ido incorporando el tema de la gestión energética con políticas que reglamentan el uso racional y eficiente de la energía, que promueven el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente las de carácter renovable. Es así como el Ministerio de Minas y Energía por medio de la Ley 697 de 2001, promueve el uso racional y eficiente de la energía así como el uso de energías alternativas; de esta misma manera con la Ley 1715 de 2014 se pretende la integración de la energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, planteando los instrumentos para la promoción del uso de fuentes de energías renovables, aplicado también al fenómeno de

inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para la producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda; sumando a esto la Norma Internacional ISO 50001 donde se proporciona a las organizaciones (públicas y privadas) un marco de trabajo para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas. Dentro de la normatividad mencionada es importante resaltar la promoción, estímulo e incentivo que se está otorgando al desarrollo, generación, comercialización y uso de fuentes de energías no convencionales, lo cual indica claramente una serie de beneficios, ventajas e incentivos para la generación de energía no convencional a nivel nacional; esta afirmación es la justificación para la realización de un estudio técnico-económico que permita la implementación de sistemas de aprovechamiento de la energía solar en una edificación oficial.

La alcaldía municipal de Anapoima actualmente presenta un importante consumo de energía eléctrica debido a las actividades que comúnmente se desarrollan en sus instalaciones, por esta razón y en miras de la gestión eficiente de la energía, se hace necesaria la implementación de un sistema de energías alternativas que permita responder así al cuidado y conservación del ambiente y de los recursos energéticos, lograr el cumplimiento normativo vigente en los temas ambientales, y no menos importante disminuir de manera tangencial el valor pagado por este servicio, y así mismo obtener beneficios tributarios.

Se requiere hacer un estudio de viabilidad técnica y económica de las edificaciones de la Casa de la Cultura y las Baterías sanitarias de la Plazoleta Simón Bolívar, con el fin de ser utilizados para la consolidación de políticas de eficiencia energética, pretendiendo establecer la adopción

de acciones ejemplares tendientes a la supresión de barreras técnicas, administrativas como de mercado para el desarrollo de Fuentes de Energía No Convencional (FENC), de esta forma es un ejemplo por parte de las administraciones públicas que se encuentran dentro del compromiso de eficiencia energética y usos de energías renovables.

El interés primordial de obtener los registros de consumos energético a nivel administrativo, es motivar a todas las administraciones públicas a establecer pautas de ahorro energético; esta sería una nueva forma de crear indicadores de gestión energética para la administración pública, con ello también se puede medir los avances del estado con respecto a ley 1715 y reflejar los avances del compromiso ambiental que tiene Colombia, esto consecuentemente llegara a establecer una meta de transferencia energética a nivel nacional y un referente a nivel regional.

Pero no se debe dejar atrás uno de los más importantes compromisos firmados por el estado colombiano es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, este adquirido previamente ante la agencia internacional de energías renovables *irena* y firmado por el congreso de la república (Congreso de la República de Colombia, 2013); por lo tanto, corroboran el apoyo académico, tecnológico, administrativo y comunitario con respecto a la aplicación regional de fuentes energéticas renovable.

Objetivos

Objetivo general

Realizar un estudio de viabilidad técnico-económico para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en las edificaciones de la casa cultural y los baños públicos de la plaza principal Simón Bolívar del municipio de Anapoima- Cundinamarca.

Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la situación actual de las edificaciones frente al consumo de energía eléctrica convencional.
- Generar un diagnóstico de las condiciones energéticas, meteorológicas y financieras necesarias para la implementación del sistema fotovoltaico en las edificaciones.
- Determinar los parámetros de diseño del sistema solar fotovoltaico de acuerdo con los requerimientos de las edificaciones, asegurando su normal funcionamiento de la misma.
- Establecer la viabilidad técnica y económica, así como los beneficios ambientales y financieros que se obtendrían al implementar el sistema de energía solar.

Marco conceptual y teórico

Contexto general del cambio climático del planeta.

Entre los años de 1980 y el año 2000 múltiples autores, determinan que el planeta se encuentra en un escenario de deterioro climático, estas afirmaciones se establecen en base a las mediciones a diversos contaminantes presentes en la atmosfera evaluados anualmente dentro de este periodo. Por tal motivo, la comunidad científica presenta una mayor preocupación en establecer los agentes contaminantes y generadores de dichas emisiones que han deteriorado clima, de manera que sus investigaciones apuntan de forma directa a los causantes y con ello recaen las investigaciones en las industrias que integran grandes procesos de consumo de combustibles fósil, estableciendo que dichas entidades son grandes generadores de descarga atmosféricas en la cual presenta un alto contenido de Gases Efecto Invernadero GEI; por tal motivo, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y por el grupo intergubernamental de Expertos de Cambio Climático (IPCC), organizan una serie de informes anuales que registrara las condiciones atmosféricas, meteorológicas y climáticas del planeta, pese a que se establecen un informe anual titulado “Cambio Climático 2001. Informe síntesis” este uno de los primeros en la década e identificada en resume las condiciones mundiales del clima, su deterioro y las nuevas responsabilidades ambientes que deben ser asumidas, pero es se destaca este cuestionamiento *“Es probable que el índice y la duración del calentamiento en el siglo XX sea más amplio que en cualquier otro período durante el último milenio. Los años noventa parecen haber sido el decenio más cálido del milenio en el hemisferio norte y probablemente 1998 fue el año más*

cálido” (Albritton, 2001), el cual refleja una preocupación inicial no solamente para la comunidad científica sino la inclusión del aparato político del mundo.

Al transponer estos indicadores ambientes de los años noventa a una realidad actual, se puede determinar que existe un aumento alarmante de los mismos; se establece, que las condiciones atmosféricas se deterioran rápidamente provocando catástrofes donde se perjudica la propiedad privada, se presenta extinción de especies en flora y fauna, existe una notable reducción de zonas de agricultura como pérdida total de cultivos, también se encontraría asociado al cambio climático una alerta temprana de calamidad medica; estas afirmaciones, se evidencian en discursos plasmados por el expresidente Al Gore, quien narra, describe y pone en evidencia las acciones puntuales derivadas al cambio climático, se deja un aparte importante de dicha conferencia. *“Esto es Montana. Veamos esta tormenta del agosto pasado. Conforme se mueve sobre Tucson, Arizona. Literalmente se descarga sobre la ciudad”*. Estos aguaceros son realmente inusuales. En julio pasado en Houston, Texas, llovió durante dos días 613 000 millones de litros. Esto representa más de 2 días del caudal total de las cataratas del Niágara sobre el centro de la ciudad, que, por supuesto, se paralizó. Estas lluvias de récords históricos crean inundaciones y deslizamientos de tierra. *“Esta es de Chile el año pasado. Y vean el almacén que pasa. También depósitos de combustibles de los autos. Esto es de España en septiembre pasado. Uno podría pensar en automóviles y camiones, circulando, supongo. Todas las noches en las noticias ahora es como un paseo por la naturaleza a través del Libro de la Revelación.”* (Min 6:02 a Min 6:53) - (Gore, 2016); el cuestionamiento que generar la conferencia de Al Gore, se sustenta en la decisión del individuo como elemento de la sociedad

para hacer el cambio, con ello el autor insisto a evaluar nuestro propio estilo de vida, basado en la dependencia de combustibles fósiles; y en realizar un ejercicio de valoración con respecto a los costos presentes como futuros que en algún momento son tangibles e irreparables, todo ello no se escapa a las pérdidas incalculables que se registraran en algún momento. Todos estos aspectos mencionados anteriormente, hacen que las naciones industrializadas y en especial el foro económico mundial generen un interés particular en él dinamismo económico global; por consiguiente presentan una serie de inquietudes de los posibles riesgos a afrontar; en conclusión, el foro económico mundial establece en el año 2016, se presenta la probabilidad para todos los riesgos, tanto ambientales, sociales, económicos y tecnológicos, que determina la falta de mitigación y adaptación al cambio climático, este último es el mayor riesgo potencial en el presente año dando origen a una crisis económica de no actuar puntualmente. (World Economic Forum, 2016).

“Históricamente, el desarrollo económico ha estado estrechamente correlacionado con un mayor consumo de energía y un aumento de las emisiones de GEI, y las energías renovables pueden ayudar a romper esa correlación, contribuyendo al desarrollo sostenible.” (IPCC, 2011), creando un panorama que alienta la evolución como la generación de energías no convencionales a nivel de planeta, uno de los mayores ejemplos que podemos tener se encuentra en Alemania donde el pasado diciembre del 2015, se registró el 81% de energía producida por tecnología renovable, y las noticias bajo estos aspectos mejoran diariamente, encontramos mayores rendimientos en almacenamiento en baterías, mayores índices de eficiencias energética en los productos relacionados con energía renovable, e igualmente nos encontramos en una revolución de acciones que mejoran la calidad y son un factor inversamente proporcional al

precio; es decir, a mayor calidad menores precios, lo que nunca antes se registraba a nivel comercial, lo que describe que las energía renovables establecen una serie de eventos que mejoran sus rendimientos técnicos como económicos.

Ahora el mundo ha presentado una nueva visión frente a las energías renovables, para el 2016 se ha demostrado tener datos importantes de crecimiento en todos los tipos energía renovable se destacan entre otros la energía eólica, la biomasa pero definitivamente repunta a nivel mundial la energía fotovoltaica; se estima que el mundo genera por energía renovable un aproximado de 2006 gigavatios (GW) y la capacidad instalada de energía en el año anterior aumento a 161 gigavatios (GW), con un repunte de en la energía solar de 71 (GW) un record frente a años anteriores (REVE, 2017). Uno de los líderes en generación eficiente es Alemania, este alcanzo la meta del 87% de generación, resaltando e crecimiento de energía fotovoltaica como uno de sus productos de consumo a nivel residencial.

Esta tecnología además de ser generadora de bonos verdes se convierte en una promotora económica y financiera para los países, a razón que el potencia de creación de trabajo es alta, desde la construcción de los paneles e inversores, como la generación de los diverso insumos necesarios para la construcción de un panel solar, el transporte e inclusive la distribución y puesta en marcha de la ISFV, a nivel mundial se ha incrementado la mano de obra y un caso mundial es el incremento del 12% de mano de obra por este factor de producción; este dato incluye necesariamente a los lugares que acobijan en implementa este tipo de tecnología, a razón que deberá existir personal capacitado para la distribución, comercio e instalación de la misma,

las bondades económicas pueden ser muy notables como duraderas. (IRENA, 2017)

Nuestra realidad

Estas nuevas tecnologías desean impulsar las economías y una economía tan sensible como la colombiana no se encuentra al margen de estas iniciativas tecnológicas; el desarrollo de energías renovables para Colombia es una tendencia de crecimiento como lo plantea Alejandro Mesa, socio de Baker & McKenzie y experto de energía y estructura, *“Aunque las energías renovables diferentes de la hidráulica no han tenido un desarrollo significativo en Colombia, se espera que la tendencia mundial impulse un desarrollo de las mismas tanto por inversiones locales como a través de la participación de inversión extranjera”* (Dinero, 2016). Con esta forma de pensar, el gobierno colombiano ha trabajado incansablemente en la generación de políticas públicas e incentivos arancelarios que beneficie a un grupo importante de personas interesadas en incentivar las tecnologías renovables, por tal motivo se benefician compradores de tecnología, distribuidores pero, sobre todo los múltiples usuarios de energías renovable que podrán acceder al sistema; para ello, se ha dispuesto el aparato legislativo, otorgando la ley 1715 del 2014. En ella, establece las declaratorias de utilidad pública e interés social por estas tecnologías, con la reducción sistemática de aranceles de importación y con índices de depreciación iguales al 20% de la inversión inicial. Con respecto al campo de tecnología fotovoltaica, la norma regula algunos aspectos, pero establece de forma directa la entrada de una adecuada legislación ambiental enfocada a la producción renovable de energía con respecto al aprovechamiento del sol; por lo tanto, para estimular el uso de energía no convencional el estado, decreta dentro del artículo 30 de la misma ley, establecer objetivos de eficiencia energética para todos los edificios

de las administraciones públicas, a ser alcanzadas a través de medidas de gestión eficiente de la energía. Para ello se ratifica en el artículo 32 de la misma ley, *“adoptaran planes de gestión eficiente de energía, así como la utilización de Fuentes No convencionales de Energía (FNCE) para los edificios y equipos consumidores de energía de titularidad pública.”* (República de Colombia, 2016).

Un dato importante en este proceso de generación eléctrica por medio de paneles solares es el caso de Celsia Solar Yumbo, que es una de las pioneras de proyectos solares fotovoltaicos de gran tamaño en el país, esta compañía presenta la primera granja fotovoltaica instalada en Colombia con una capacidad instala de 9,8 MW (Celsia, 2017) inicialmente que serán inyectados al Sistema interconectado nacional de forma diaria, con una capacidad de producción de 16,5GWh de energía al año; esta infraestructura solar cuenta inicialmente con 35.000 paneles solares suministrados por la empresa Jinko líder en la industria fotovoltaica a nivel mundial, pero la proyección nacional desea que la compañía que reside en China proporcione en totalidad 200.000 paneles que serán instalados a finales de este año para el total proyectado. La cifras grandes cifras de inversión pueden hablar de la rentabilidad de un proyecto de este tipo, esta compañía presentara inversiones de \$33.000 millones, con esto evitara al año 452.000 toneladas de CO2 producto de su anterior industria que fue una termoeléctrica donde se instalara la granja. (Caracol, 2017)

Para el caso del proyecto aplicado, se desea planificar el desarrollo a un estudio de viabilidad técnica para una instalación solar fotovoltaica (ISFV), únicamente el estudio de caso determinara si este puede llegar a ser autónomo e interconectado, pero para ello la característica primordial es

satisfacer la demanda de energía de los usuarios, siendo muy confiable en el suministro de la misma en el recinto o estructura.

La base de unos cuestionamientos

¿Cómo funciona la energía solar fotovoltaica?

Es de entender, que el sol es una de las fuentes de energía limpia y renovable vigente como futura; desde sus rayos luminosos, son transformados en electricidad que pone en funcionamiento electrodoméstico, lampas y equipos eléctrico tanto electrónicos que hacen nuestro trabajo y necesidades más fácil de manejar.

Para entender un sistema fotovoltaico se deben tener algunas consideraciones que se establecen en dos líneas; una de ellas las radiaciones solares, con sus respectivas características ambientales, de otra parte, la estructura física de un sistema fotovoltaico confiable.

Para comprender la complejidad del sistema, se debe partir por los factores de diseño, estos determinan la demanda del sistema; los requerimientos energéticos, las condiciones y características de uso como su componente social; estos elementos mostraran las especificaciones de operación del sistema, basados en un balance de energía.

Para que las condiciones anteriormente presentadas, generen ese equilibrio se determina la energía solar presente en la zona, definiéndose como una energía radiante producida por el sol, que atraviesa el espacio como la atmosfera del planeta por medio de paquetes energéticos denominados fotones (luz), (Orbegozo & Arivilca, 2010), todo esto debe ir unido a las condiciones climáticas de la zona que establecen el rendimiento del sistema fotovoltaico.

Ahora hay una transformación de la radiación solar por medio de celdas fotovoltaicas, estas son elementos esenciales en los paneles solares, aquí se realiza un proceso denominado efecto fotovoltaico; este último es producido cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica.

Para tal fin, la función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el modulo fotovoltaico. La corriente producida por el modulo fotovoltaico es corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12V (Voltios), dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24V, 48V, 120v ó 230V. Esta energía producida es almacenada en baterías o acumuladores, para ser utilizada en cualquier momento, y no solamente cuando esté disponible la radiación solar; la acumulación de energía debe encontrarse regulada, para que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de tiempo donde hay presencia de radiación difusa, (días nublados), con esto se asegurara el sistema de suministrar energía de forma continua.

Para poder controlar estos diversos flujos energéticos, se diseñaron equipos denominados reguladores de carga, estos son componentes dedicados al buen funcionamiento del sistema fotovoltaico evitando la sobre carga y descarga de las baterías, su función es regular e informar de forma visual o sonora las posibles fallas del sistema, e igualmente es un componente que asegura el uso eficiente del sistema, prolongando la vida útil del mismo.

¿Cómo funciona un módulo fotovoltaico?

Efecto fotovoltaico: Es convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios utilizando como fuente la radiación luminosa. (Andalucía, 2017).

Conductores N y P: Para mejorar la conductividad eléctrica de los semiconductores se utilizan impurezas añadidas voluntariamente, operación denominada dopado, que pueden ser de dos tipos *Impurezas pentavalentes*. Son elementos cuyos átomos tienen cinco electrones de valencia en su orbital externo. Entre ellos se encuentran el fósforo, el antimonio y el arsénico. Y *impurezas trivalentes*. Son elementos cuyos átomos tienen tres electrones de valencia en su orbital extremo. Entre ellos se encuentran el boro, el galio y el indio. Cuando un elemento con cinco electrones de valencia en la **Imagen 1**.

Silicio con impureza pentavalente, entra en la red cristalina del silicio, se completan los cuatro electrones de valencia que se precisan para llegar al equilibrio quedando un quinto electrón libre que se convierte en portador de carga, **Imagen 2**.

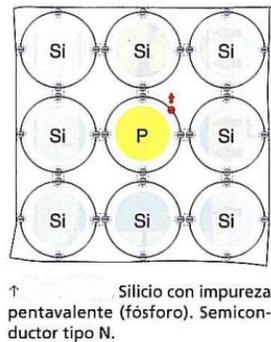
Unión PN aumentando su conductividad eléctrica. (Herranz, 2010)

Unión PN: Cuando se ponen en contacto un material semiconductor dopado tipo N con uno dopado tipo P, se forma una unión PN entre dos materiales, conocida como diodo. Por la atracción entre cargas positivas y negativas, los electrones libres de la región N más próximos a

la región P se difunden en esta, produciéndose la recombinación con los huecos más próximos de dicha región. En la región N se crean iones positivos y en la región P se crean iones negativos.

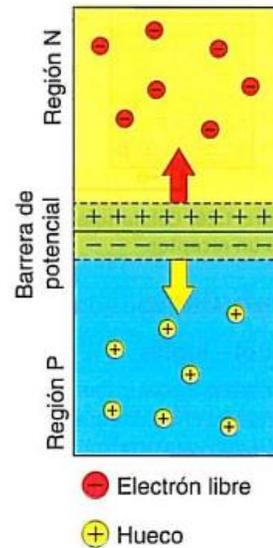
(Herranz, 2010)

Imagen 1.
Silicio con impureza pentavalente



Recuperado del capítulo módulos fotovoltaicos (Herranz, 2010)

Imagen 2.
Unión PN

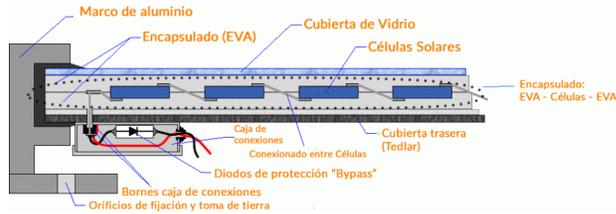


Recuperado del capítulo módulos fotovoltaicos (Herranz, 2010)

Célula Solar: Una célula solar básica es una unión PN con un contacto eléctrico en la región P y otro en la región N que permiten la formación de un circuito eléctrico.

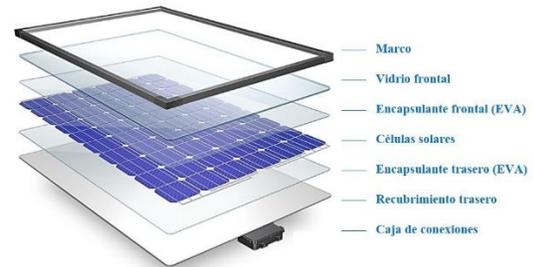
Modulo fotovoltaico: Es definido como una placa rectangular formada por un conjunto de celdas que se encuentran protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado, este conjunto de elementos hacen la transformación de energía solar en energía eléctrica.

Imagen 3.
Partes de un panel



Recuperado de La energía proveniente del sol (Salinas, 2017)

Imagen 4.
Partes de un Panel Solar



Recuperado de La energía proveniente del sol (Salinas, 2017)

¿Qué es una instalación fotovoltaica?

Es un sistema formado por equipos que se encuentran especialmente diseñados y contruidos para la transformación de energía solar en energía eléctrica y suministrarla como corriente continua o corriente alterna según sea requerido. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que los conforman son los componentes fotovoltaicos. (Central, 2002)

Estos componentes fotovoltaicos tienen la función de:

- Realizar una transformación directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica, para ello se encuentra los **paneles fotovoltaicos**.
- Poder almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada, por medio de dispositivos de almacenamiento como **baterías**.
- Realizar un proceso de distribución adecuado de la energía producida (el consumo) y almacenada, que es administrado por **regulador de carga**.
- Realizar un uso eficientemente la energía producida y almacenada, que es administrado por **inversor**.

Imagen 5.
Kit Sistema Fotovoltaico Aislado



Recuperado de sistemas fotovoltaicos (Galbarro, 2011)

Ubicación

La Casa de la cultura y su edificio anexo (Baterías Sanitarias de la plazoleta principal del municipio); se encuentran ubicadas en la provincia de del Tequendama, municipio de Anapoima. Este posee un clima cálido-seco con una temperatura promedio de 24°C a 28°C, el municipio cuenta con 130 km² y una altura de 700 msnm. Su cercanía a la ciudad capital del país lo hace un lugar atractivo para el descanso y la recreación pasiva. Limita con el municipio de la Mesa por el Norte, al Sur por los municipios de Viota, Apulo, al Oriente con el municipio de El colegio y al Occidente con los municipios de Quipele y Jerusalén. (CUNDINAMARCA, 2017) .Plano 1.

Ubicación Geográfica del lugar de estudio.

El edificio de la Casa de la Cultura tiene una área aproximadas de 1760 m², distribuida en 6 áreas de trasmito como uso ocupacional, cuyas coordenadas geográficas aproximadas son latitud 4.5487892° Norte y longitud -74.535620° Oeste ; por otra parte las Baterías Sanitarias se encuentran a un costado de la plaza principal del municipio a unos 8 metros de la casa de la cultura en línea recta con un área de 162 m², compartiendo igualmente las misma latitud y longitud; ambas edificaciones presentan una elevación de 688 msnm; en la

Imagen 6.

Ubicación geográfica de las edificaciones que pretenden tener energía renovable, se muestra el departamento de Cundinamarca, la provincia, municipio, casco urbano y por ultimo edificios proyectados, se puede observar de izquierda a derecha la relación del departamento, la provincia, el municipio, el casco urbano, la zona de relación poblacional y por último los edificios impactado para el diseño.

El diseño propuesto pretende localizar la parte física de los paneles, en la cubierta superior de la estructura de la Casa de Cultura; para acceder a este lugar debe ubicarse una escalera de una longitud superior a 8 m o de lo contrario colocar un andamio que iguale o supere las 5 secciones,

esto garantizaría acceder al techo de la estructura. Por otra parte, las baterías sanitarias presentan una cubierta metálica que puede fácilmente soportar el andamiaje de los paneles y sus correspondientes componentes.

Información geográfica del proyecto

Tabla 1.

Ubicación geográfica del proyecto. - Ficha técnica

Característica	Información
País:	Colombia.
Departamento:	Cundinamarca.
Provincia:	Tequendama.
Municipio:	Anapoima
Extensión total:	124.2 Km ²
Temperatura media:	28°C – 30°C
Estructura:	Casa de la Cultura del municipio de Anapoima Baterías Sanitarias Municipales del Parque principal Simón Bolívar.
Ubicación geográfica:	Coordenadas (latitud 4.5487892° norte y longitud -74.535620° oeste)
Altitud:	710 msnm

Ubicación Geográfica. (Anapoima A. d., 2017)

Imagen 6.

Ubicación geográfica de las edificaciones que pretenden tener energía renovable, se muestra el

departamento de Cundinamarca, la provincia, municipio, casco urbano y por ultimo edificios proyectados



Datos tomados por el autor y relacionados por SIG. (Cundinamarca, Gobernación de Cundinamarca, 2017) (Cundinamarca, Gobernación de Cundinamarca, 2017) (Earth, 2017) (Duarte, 2017)

Recursos Ambientales históricos

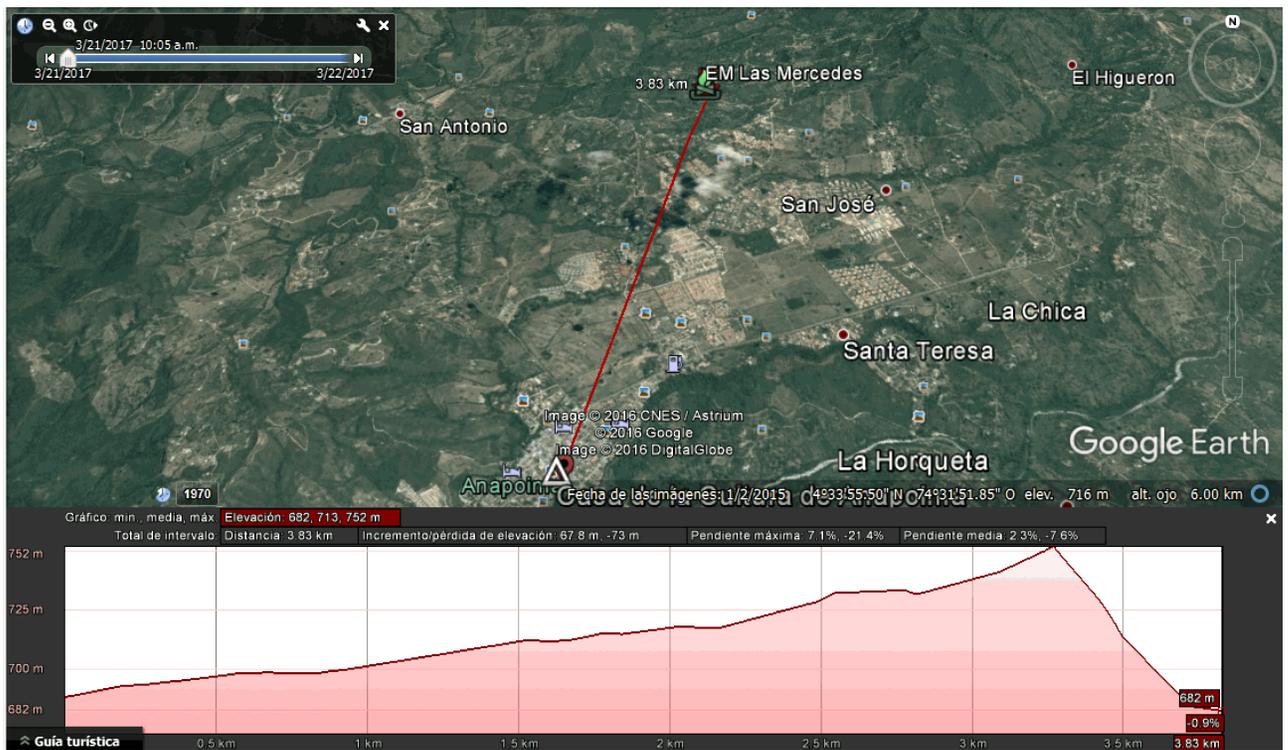
Recurso Solar

Se entiende como Estación Meteorológica el sitio donde se hacen observaciones y mediciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio. (IDEAM

- Instituto de Hidrología, Glosario, 2017); Para el fin del proyecto se ha seleccionado la estación meteorológica de “las mercedes”, con una distancia aproximada de 3,8 Km en línea recta al punto de estudio, esta se encuentra a una altimetría similar al punto de referencia de acuerdo al detalle del perfil geográfico. Se anexa un registro de ubicación y sus datos de referencia de la estación, se incluye un registro fotográfico. Anexo 1. Estación meteorológica las mercedes .

Imagen 7.

Ubicación geográfica de la estación meteorológica “las mercedes” y la casa de la cultura del municipio de Anapoima..



Recuperada el 28 de febrero del 2017 de Google Earth

Climatología

La temperatura promedio mínima anual es de 19,5°C y su temperatura promedio máxima anual es de 30,3°C, con una velocidad de viento promedio de 1.1624 m/s, estos valores son el

resultado de los cálculos realizado por el IDEAM, quienes facilitan la información para su correspondiente tabulación. Anexo 2. Variables solicitadas al Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM.

Características básicas de las edificaciones

Casa de la cultura.

La casa de la cultura es una estructura de funcionalidad pragmática que presenta amplios espacios de circulación como de ocupacional, su diseño se relaciona a un solo nivel que se encuentra asociado a dos (2) áreas descubiertas de importante tamaño; relacionadas en la estructura, como el área de parqueo vehicular y la plazoleta interna.

La edificación presenta una distribución arquitectónica compuesta por cuatro (4) importantes bloques o módulos arquitectónicos, cada uno presenta zonas de delimitación peatonal que se caracterizan por un importante tamaño y su fácil tránsito peatonal; estos recintos son ocupados por estudiantes, jóvenes, personas adultas y adulto mayor, todos ellos siendo parte de eventos y actividades propias al lugar. La arquitectura propia se centra en la biblioteca, salón interactivo de conexión digital, salón de ensayos artísticos para danza e instrumental y por ultimo un área de recepción general; esta última es frecuentemente usada como galería de exposición de pintura, escultura y disertación intelectual.

El uso frecuente y la diversidad de eventos de la misma hace que tenga un horario de lunes a sábado de las 08:30 am a las 05:00 pm, para atención general de público y uso de biblioteca y servicio de internet; pero este se puede extender a las 09:00 pm para ensayos y actividades culturales concernientes a exposiciones y presentación de cine gratis días viernes.

Igualmente, los días Domingo presenta un horario de 09:00 am a las 12:30 pm, sin que se habilite la sala interactiva.

Se entrara en detalle con cada una de las áreas presentadas en el **Plano 2**. Distribución Arquitectónica de la casa de la cultura, que muestra en detalle las zonas de estudio e inventario energético realizado, desde esta óptica se muestra a continuación cada una de ellas.

Área de recepción General:

Imagen 8.

Zona de recepción principal y área de galería de exposición



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

El área de recepción general se distingue básicamente de las demás áreas dado que es un lugar donde se presta la vigilancia general del edificio, es el lugar donde se hace el filtro de ingreso y sirve en algunos momentos como un salón de exposiciones de arte, pintura, música y dibujo; ver la **Imagen 8**.

Zona de recepción principal y área de galería de exposición se muestra una vista panorámica del salón con mirada principal a la entrada del edificio.

Plazoleta interna:

Imagen 9.

Área de esparcimiento pasivo, zona de lectura recreativa y espacio de transito general



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

La plazoleta interna es un espacio de transito conexión, reunion y desplazamiento de todos los vistantes del edificio en ella se encuentran algunas bancas ubicadas en las paredes del recinto, en **Imagen 9**.

Área de esparcimiento pasivo, zona de lectura recreativa y espacio de transito general se puede observar que es un espacio de comunicación, una zona de transito entre la biblioteca (izq), la sala interactiva (der), baños internos (der-fondo) y el espacio destinado para realizar los ensayos y sala multiple. (fondo).

Área de Biblioteca:

Imagen 10.

Área de Biblioteca zona de atención al público y estantes de libros.



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

La biblioteca, se conforma por pequeñas distribuciones internas que establecen áreas de trabajo, estas se relacionan con la recepción de usuarios, estantes de almacenamiento de libros, áreas de lectura infantil y juvenil y zona de consulta informática en internet; en la **Imagen 10.**

Área de Biblioteca zona de atención al público y estantes de libros. Se visualiza parcialmente una asociación de áreas de estantes de libros, salón independiente de lectura y zona de consulta informática.

Área de Salón Interactivo

Imagen 11.

Área del salón interactivo – Vive Digital.



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

El aula de conexión digital con que cuenta la casa de la cultura es el área importante del

Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal simón bolívar de Anapoima, Cundinamarca.

edificio, en ella se presta asesoría académica a los estudiantes del municipio, capacitación de herramientas informáticas, proyección de películas y documentales como el préstamo de equipos para la conexión a internet. En la ***Imagen 11***.

Área del salón interactivo – Vive Digital. Se puede observar (de derecha a izquierda) la zona de recepción de usuarios y adjunto a ella el salón de servidores, switch y conexión externa. En el centro los equipos de préstamo a conexión a internet y en la parte izquierda superior el video beam, utilizado en las proyecciones.

Una de las zonas de mayor tránsito, ocupación y uso dentro de la edificación es el salón de eventos y a su vez el área de almacenamiento de utilería y vestuario; dado que es un lugar propicio para practicar previamente los actos culturales y por tal motivo es un salón de ensayo, igualmente presenta un lugar de almacenamiento para la utilería, vestuario e instrumento de la población joven y adulta; ver la ***Imagen 13***.

Área de almacenamiento de utilería, vestuario e instrumentos. Se puede observar la puerta del área de almacenamiento en ***Imagen 14***.

Salón de eventos, presentaciones y aula múltiple., presenta dos áreas se encuentran combinadas en un mismo espacio.

Baños internos de la edificación

Imagen 12.

Pasillo que conecta con el cuarto de aseo (fondo), Baterías sanitarias personas con discapacidad (primera puerta - izq.) y baño de hombres (segunda puerta – izq.)



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

El edificio tiene tres baterías internas sanitarias identificadas para hombres, mujeres y personas con discapacidad; igualmente se encuentra un cuarto de almacenamiento de utensilios de aseo e insumos para dichas actividades; se evidencia un área del vertieres usados para el personal de servicios generales y un espacio menor utilizado como cafetería, esta área se encuentra localizados al terminar el salón interactivo (TI´C). Por la misma plazoleta interna.

En la **Imagen 12.**

Pasillo que conecta con el cuarto de aseo (fondo), Baterías sanitarias personas con discapacidad (primera puerta - izq.) y baño de hombres (segunda puerta – izq.)

Área de Ensayos y Salón múltiple:

Imagen 13.

*Área de almacenamiento de
utilería, vestuario e instrumentos.*



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

Imagen 14.

Salón de eventos, presentaciones y aula múltiple.



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

Área de parqueadero, zona proyectada, espacio no construido:

Imagen 15.

Zona de parqueo de vehículos y depósito de almacenamiento de objetos de la alcaldía



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

La zona posterior de la edificación es aproximadamente el 30% del área total del predio, esta

Planos arquitectónicos de la casa de la cultura

La administración Municipal del municipio de Arapaima, en su oficina de planeación reposa una copia digital de los diseños arquitectónicos, estructurales como memorias de cálculo de la Casa de la Cultura. Los arquitectos encargados de este proyecto fueron Arq. Rafael Satoque y el Arq. Ricardo Penagos, siendo alcalde el Sr. Cesar A. Camargo Cardona. En el **Plano 2.** Distribución Arquitectónica de la casa de la cultura, (Alcaldía de Anapoima, 2006), y en la Información facilitada por la entidad. , se representa detalles preliminares de la construcción que ilustran la planta arquitectónica de la edificación, de izquierda a derecha la entrada principal, salón de exposición, biblioteca pública, salón interactivo, baños, salón múltiple y parqueaderos, estos diseños arquitectónicos, detalladamente las diversas áreas de la edificación, que puede ser observado en un mayor detalle en el capítulo correspondiente al diseño fotovoltaico y estructural del proyecto.

Cubierta de la casa de la cultura

Se pretende que generador fotovoltaico se instale en la cubierta de la casa de la cultura esto con el fin de aprovechar la continua radiación solar presente en la zona y así poder hacer uso de este espacio; ver la **Imagen 16.**

Cubierta de la casa de la cultura, se puede observar las diferentes inclinaciones de la cubierta, la limatesas, limahoyas y cumbreras de la estructura que soportaran el generador fotovoltaico.

Imagen 16.

Cubierta de la casa de la cultura, mirada norte del predio



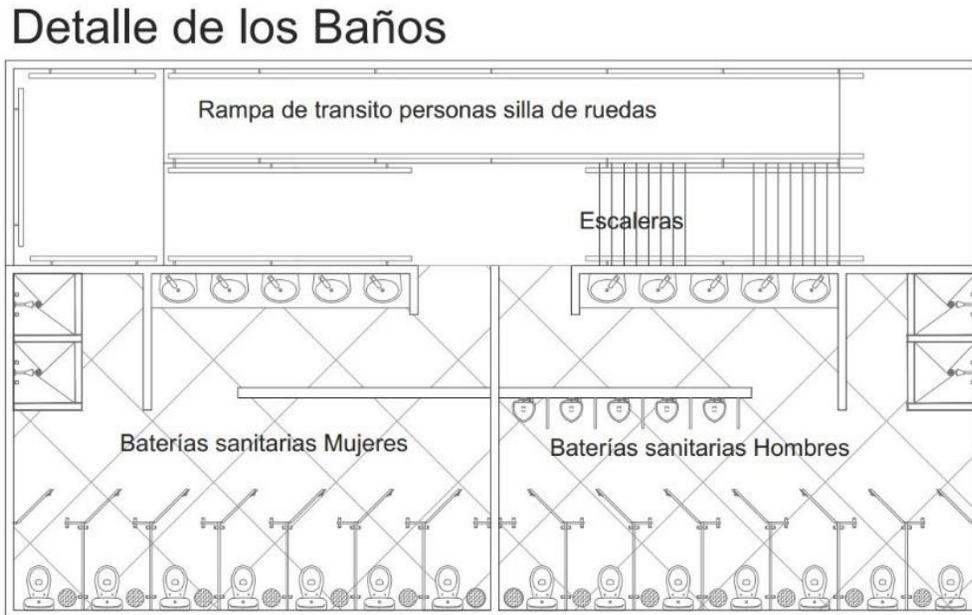
Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

Baños Públicos plazoleta principal.

La batería sanitaria externa es una estructura publica, que presenta un servicio sanitario tanto para mujeres, hombres, niños y personas en discapacidad que normalmente frecuenta la zona de plaza y su comercio; este es una construcción adjunta a la casa de la cultura que presenta una indencia de servicios eléctricos y de agua potable. El diseño arquitectónico planteado, presenta un importante porcentaje de área visible en la plaza, la que se asocia al ingreso y desplazamiento del usuario al área de servicio que es de carácter semi-subterráneo.

Imagen 17.

Detalle Plano Arquitectónico de distribución espacial de las Baterías Sanitarias



Información creada por Autor

Las baterías sanitarias, se encuentra en servicio todos los días de la semana a partir de las 8:00 am hasta las 7:00 pm de funcionamiento normal; en algunas ocasiones este servicio es extendido debido a eventos culturales y fines de semana donde la población flotante y turística se incrementa importantemente; por tal motivo se podría evidencia una mayor frecuencia de prestación de servicio en estas horas pico; ver la **En la Imagen 17.**

Detalle Plano Arquitectónico de distribución espacial de las Baterías Sanitarias, se puede observar los componentes internos arquitectónicos de las baterías sanitarias existentes, pero en el Plano **3. Distribución** Arquitectónica de las baterías Sanitarias - Plaza, se muestra la ubicación y detalles específicos de la construcción a nivel global, muestran la ubicación y distribución

espacial dentro de la plaza.

Imagen 18.

Plazoleta Simón Bolívar, Estructura sanitaria parte superior, casa de la cultura (detrás del árbol central de la imagen), Se puede observar la batería sanitaria (lado derecho de la imagen), el ingreso al público y atención al turista.

En la ***Imagen 17.***

Detalle Plano Arquitectónico de distribución espacial de las Baterías Sanitarias, se puede observar los componentes internos arquitectónicos de las baterías sanitarias existentes, pero en el **Plano 3.** Distribución Arquitectónica de las baterías Sanitarias - Plaza, se muestra la ubicación y detalles específicos de la construcción a nivel global, muestran la ubicación y distribución espacial dentro de la plaza.

Imagen 18.

Plazoleta Simón Bolívar, Estructura sanitaria parte superior, casa de la cultura (detrás del árbol central de la imagen)



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

Inventario energético actual

Casa de la Cultura

La estructura presenta siete (7) zonas de atención al público y servicio; estas se encuentran identificadas de la siguiente forma Oficina de Turismo, Salón de Exposiciones, Biblioteca, Salón de Internet (Vive digital - TIC), Baños Internos, Plazoleta Central y Salón de Eventos; cada una evidencia una serie de artefactos electrónicos que son necesarios en sus actividades cotidianas, estos son generadores de un consumo energético establecido en la **Tabla 3**.

Inventario de aparatos eléctricos del edificio de la Casa de la Cultura. Relación de equipos sin horas de trabajo.

Baños de la Plaza principal Simón Bolívar

Las baterías sanitarias de la plaza principal Simón Bolívar cuentan únicamente con dos (2) consumos básicos, el de mayor demanda es el equipo hidroneumático instalado en los baños que presión constante a las baterías sanitarias instaladas, y el segundo consumo es la iluminación interna de la edificación, se relaciona la **Tabla 2**.

Inventario de aparatos eléctricos baterías sanitarias parque.

Tabla 2.

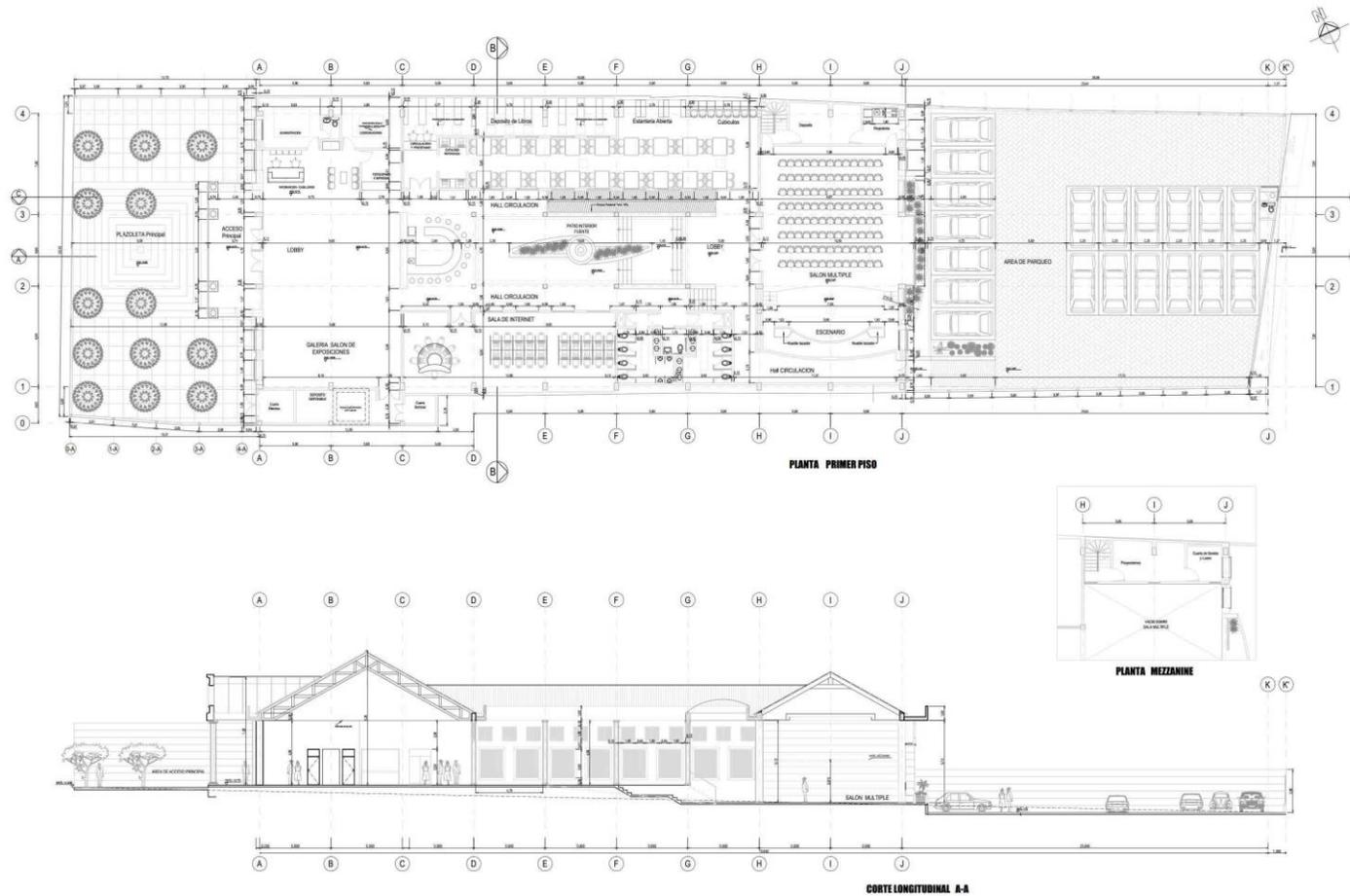
Inventario de aparatos eléctricos baterías sanitarias parque

Zona o Área del Edificio	Equipo	Cantidad de Equipos
Baterías Sanitarias	Bomba Siemens	2
	BALA LED TECHO SATIN COB	28

Lámpara Hermética Led Sobreponer	8
15x120 2x18w Bca Ilumax	
Tomas Corriente	3

Información creada por Autor. (Castillo, 2017)

Imagen 19.
Diseño Arquitectónico planteado para la construcción y desarrollo de la casa de la cultura



Información facilitada por la entidad. (Alcaldía de Anapoima, 2006)

Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal simón bolívar de Anapoima, Cundinamarca.

Tabla 3.
Inventario de aparatos eléctricos del edificio de la Casa de la Cultura. Relación de equipos sin horas de trabajo

Zona o Área del Edificio	Equipo	Cantidad de Equipos
	Portátil Smart	12
	Ventiladores Genéricos	8
	Lámparas Halógenas 4 Bombillas de 17W	36
	Lámparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	22
	DVD LG	1
	TV LG de 42"	1
Biblioteca	Reproductor de Sonido con MP3	1
	Pistola láser de lectura de códigos	1
	Portátil Core i7	2
	Computadores de escritorio HP todo en uno	2
	Impresoras Epson Multifuncional m200	2
	Impresora HP LaserJet Pro series M1130	1
	Ventiladores Mitsubishi Medianos	2
	Ventiladores Pequeños	2
Baños Internos	Lámparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	8
	Lámparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	8
Hall Plazoleta	Lámparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	12
	Lámparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	12
Salón de Danzas	Lámparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	40
- Auditorio	Tomas Dobles	5

	Bombilla Ahorradora de 40 W	12
	Ventiladores Mitsubishi Medianos	3
	Ventiladores Mitsubishi Medianos	1
	TV LG de 42"	1
	Nevera Mediana	1
Oficina Turismo	Computadores de escritorio HP todo en uno	2
	Impresoras Láser	1
	Lámparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	6
	Lámparas de 12V	60
	Tomas Dobles	8
Salón	Lámparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	47
Exposiciones	Lampas de Incrustación MBS244 1xCDM- Tm20W/830 K EB 24 PI GR	7
	Salida para Kardam con tres bombillos dicroico de 50w, cada uno	6
	Pc Compaq Pro 4300	22
	Monitores de 24" Hp LE1851w	22
	Computadores de escritorio HP All-in-One - 22- 3015la (táctil) (ENERGY STAR)	2
Salón Vive		
Digital	Impresoras Láser HP	1
	Impresora hp officejet pro 8500	1
	Router de 32 puertos CISCO	3
	Servidor de RED	1

Modem	2
Wifi	1
Ventiladores Samurái Medianos	5
Sistema de Sonido	1
Video Beam	1
Lámparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	12
Lámparas Halógenas 4 Bombillas de 17W	20

Relación de equipos sin horas de trabajo. (Castillo, 2017)

Requisitos de diseño

Anhelando encontrar una solución eficientemente sencilla, práctica y rentable; con las condiciones técnicas requeridas en una Instalación Solar Fotovoltaica (ISFV) que cumplan con calidad, diseño y eficiencia se determina que los requerimientos base de diseño en la instalación y estos deben ser:

Superficie efectiva del generador fotovoltaico, siendo este instalado en la parte superior del edificio (cubierta), de $990 m^2$, de los cuales podrían ser utilizados $800 m^2$ en la instalación del generador y el restante en la distribución de senderos peatonales destinados para el mantenimiento, operación, control y revisión del generador fotovoltaico (FV).

Se debe aprovechar la superficie efectiva del edificio, con el fin de proyectar el generador fotovoltaico a su máximo rendimiento.

La meteorología del lugar es una información primordial para la producción energética del edificio, para tal fin se establecen las bases de datos de NASA y el IDEAM siendo estos los iniciales puntos de referencia local.

Información Meteorológica

La información meteorológica del municipio de Anapoima, es registrada por el IDEAM, siendo usada como herramienta de medición la estación de las Mercedes, esta estación meteorológica se encuentra clasificada de tipo convencional y está localizada en la Latitud de 4,58 y longitud -74,52; desde este punto geográfico se registra los datos de temperatura que se encuentran en rangos frecuentes que oscilan entre los 16°C y los 36°C; el casco urbano se encuentra localizado a una altura de 1430 msnm; y es un municipio que no presenta estaciones climáticas, pero se caracteriza en presentar dos temporadas; una seca y otra lluviosa en el transcurso del año. En la *Imagen 7*.

Ubicación geográfica de la estación meteorológica “las Mercedes” y la casa de la cultura del municipio de Anapoima...; (se puede observar la ubicación de la estación meteorológica y el casco urbano). Esta información igualmente se interpolara con los registros satelitales de la NASA, que registra los mismos parámetros de medición como de ubicación.

La información necesaria para el diseño y desarrollo de la Instalación Solar Fotovoltaica (ISFV), son la irradiación y la temperatura ambiente; por tal motivo los registros de la estación las Mercedes se localizan a una distancia aproximada de 3,5 km frente a la estructura de la Casa de la cultura y las baterías sanitarias del parque Simón Bolívar. Para mayor detalle de la estación meteorológica se relaciona el **Anexo 1**. Estación meteorológica las Mercedes.

Tabla 4.
Información Estación Meteorológica

ESTACION LAS MERCEDES	
Código Estación	21205660
Latitud	4,581889
Longitud	-74,526

Altitud	810 msnm
Periodos de Temperatura	1970 – 2016
Periodos de radiación	1980 -2016

Datos de registro de ubicación de la estación. (IDEAM - Instituto de Hidrología, Solicitud de Información, 2017)

Tabla 5.
Información suministrada en el año 2017 por el satélite de la NASA,

	<i>Unidad</i>	<i>Localización de datos climáticos</i>
Latitud	NORTE	4,54
Longitud	MI	-74,54
Elevación	m	1431
Temperatura de diseño de calefacción	DO	24,22
Temperatura de refrigeración	DO	14,35
Amplitud de la temperatura de la Tierra	DO	7,8
Días de helada en el sitio	día	0

Recuperado de la NASA. (NASA, 2017)

Recurso Solar

Para efectos de diseño de la ISFV, se toma la información de la NASA, dado que los datos del IDEAM no presentan una continuidad de registros en los últimos años y existen valores que se salen de una tendencia de información continua. Por tal motivo los valores medios mensuales de **irradiación solar diaria sobre el plano horizontal [kWh/m²/día]** se pueden observar en la **Tabla 6**.

Irradiación solar diaria sobre el plano horizontal [kWh/m²/día] Enero 2016– Junio 2016

(información interpolada) y **Tabla 7.**

Irradiación solar diaria sobre el plano horizontal [kWh/m²/día] Julio 2016 – Diciembre 2016

(información interpolada) Información

Tabla 6.

Irradiación solar diaria sobre el plano horizontal [kWh/m²/día] Enero 2016– Junio 2016

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
4,86	4,83	4,91	4,65	4,72	4,83

Información NASA

Tabla 7.

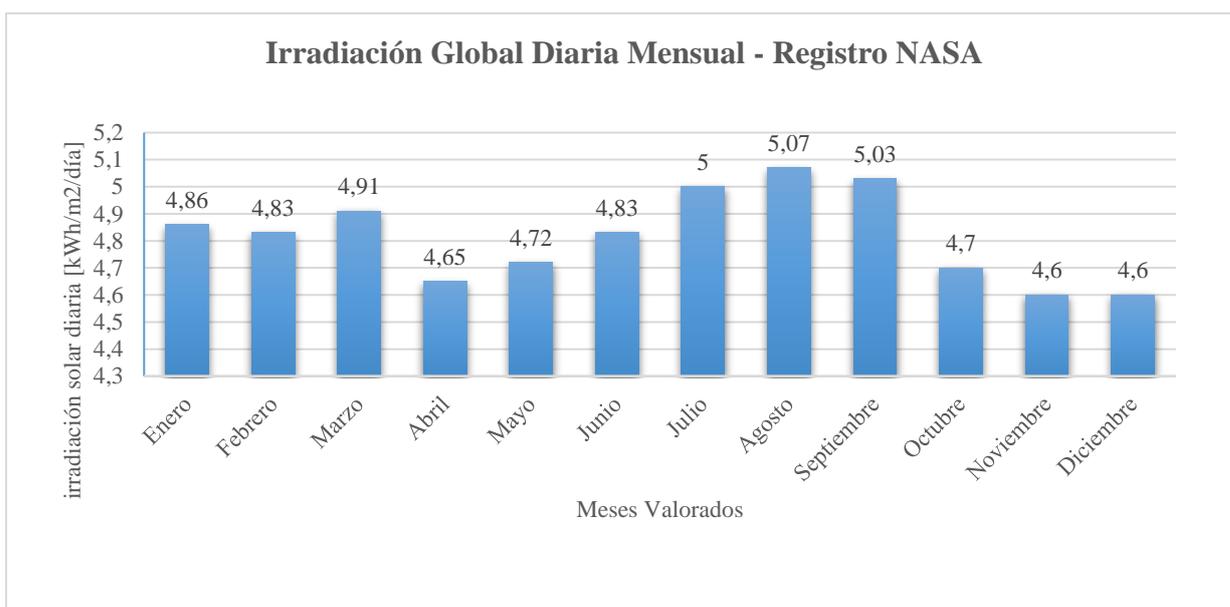
Irradiación solar diaria sobre el plano horizontal [kWh/m²/día] Julio 2016 – Diciembre 2016

Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
5,00	5,07	5,03	4,70	4,60	4,60

Información NASA

Gráfica 1.

Niveles de irradiación diarias promediados para cada mes en el periodo de 2016



Información (NASA, 2017)

Temperatura

Las temperaturas máximas, mínimas y medias de la zona evaluada se pueden observar en la **Tabla 8**.

Registros de temperatura año 2012 Enero-Junio y **Tabla 9**.

Registros de temperatura año 2012 Julio - Diciembre, esta información es tomada de las bases de datos del IDEAM, y el año es seleccionado por tener registros completos y los más cercanos al año de estudio y registrados por la estación meteorológica; en la **Gráfica 2**.

Registro de temperaturas anuales del año 2012, se representan los datos relacionados previamente.

Tabla 8.
Registros de temperatura año 2012 Enero-Junio

Temperatura	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Máxima	32,8	33	33,8	34,2	35,2	34
Mínimo	18	19,6	18,8	19	19,2	20
Media	25,6	25,8	25,75	25,9	26,5	26

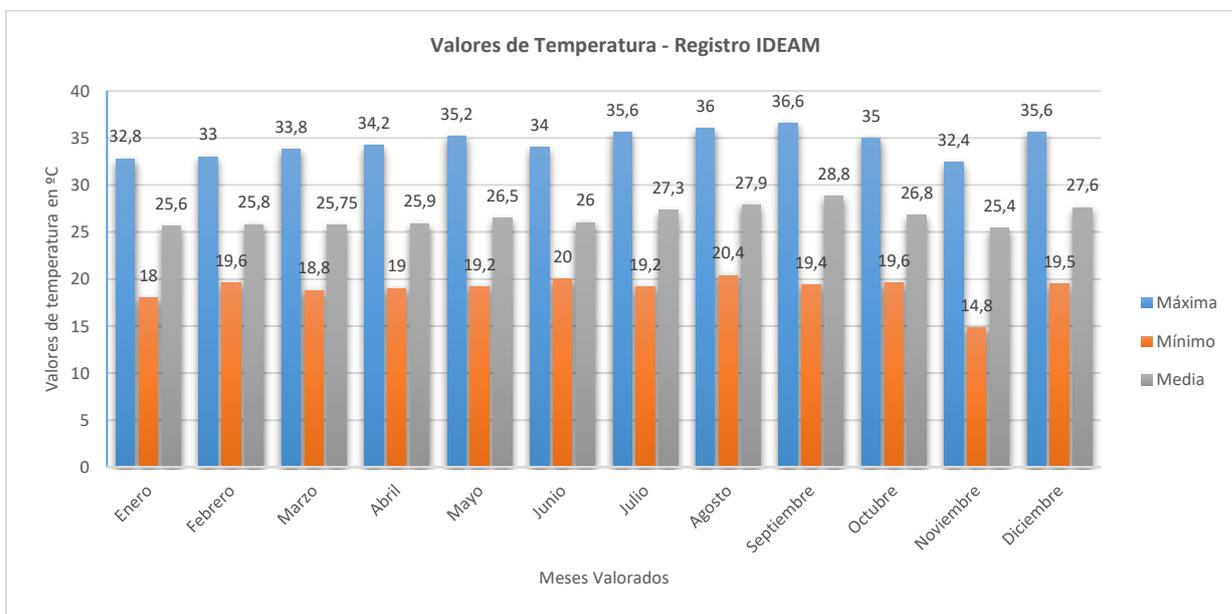
Información recuperada, (IDEAM - Instituto de Hidrología, Solicitud de Información, 2017)

Tabla 9.
Registros de temperatura año 2012 Julio - Diciembre

Temperatura	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Máxima	35,6	36	36,6	35	32,4	35,6
Mínimo	19,2	20,4	19,4	19,6	14,8	19,5
Media	27,3	27,9	28,8	26,8	25,4	27,6

Información recuperada, (IDEAM - Instituto de Hidrología, Solicitud de Información, 2017)

Gráfica 2.
Registro de temperaturas anuales del año 2012



Información tabulada por el Autor (IDEAM - Instituto de Hidrología, Glosario, 2017)

Viento

Se muestran a continuación los valores registrados de la velocidad del viento obtenidos a partir de los registros de la estación meteorológica del IDEAM las mercedes.

Tabla 10.
Velocidad del Viento [m/s] en el año 2015 Enero - Junio

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
2,62	2,60	2,69	2,51	2,77	2,75

Recuperado de los registros del IDEAM

Tabla 11.
Velocidad del Viento [m/s] en el año 2015 Julio – Diciembre

Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3,08	3,11	3,37	2,64	2,26	2,85

Recuperado de los registros del IDEAM

Análisis de variables y parámetros meteorológicos.

Para efectos de diseño y estudio del proyecto se toman las bases de datos de la NASA; para datos de irradiación solar, para los datos de temperatura, humedad y velocidad del viento es tomada la base de datos de IDEAM con los registros del año 2012. Para efectos de diseño y cálculos se ha tomado como referencia el libro “Instalaciones Solares Fotovoltaicas de Agustín Castejón Oliva” (Herranz, 2010)

Cálculos Justificados

Orientación de la cubierta presente para la instalación del generador fotovoltaico.

Se debe establecer la posición del generador fotovoltaico; y para ello, se debe realiza un cálculo fácil que determina la orientación de la edificación con respecto al norte y sur. El método utilizado para establecer la orientación se realizó por medio de imágenes satelitales determinando el Angulo de acimut en la instalación de los módulos fotovoltaicos, en la

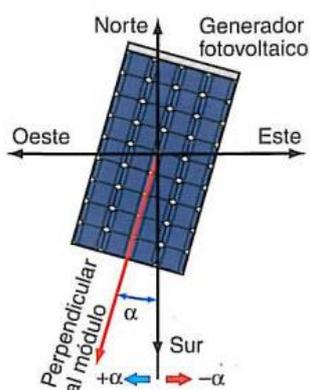
Imagen 20.

Angulo de acimut (α) de un módulo fotovoltaico, refleja el desfase del Angulo (α) con respecto a la dirección sur del módulo fotovoltaico. Para establecer este Angulo por medio de imágenes satelitales se utiliza la herramienta de Google Earth, con la dirección norte, se traza una línea en la misma posición como se refleja en la *Imagen 21*.

Se establece el norte por medio de Google Earth por medio de trazo digital, donde se registra la magnitud en grados y la distancia en metros (m).

Imagen 20.

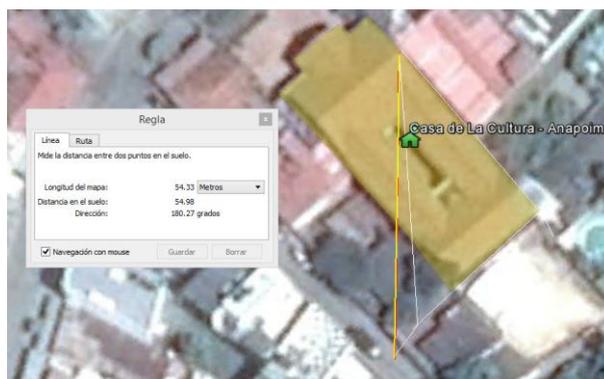
Angulo de acimut (α) de un módulo fotovoltaico



Recuperado de Instalaciones fotovoltaicas
(Herranz, 2010)

Imagen 21.

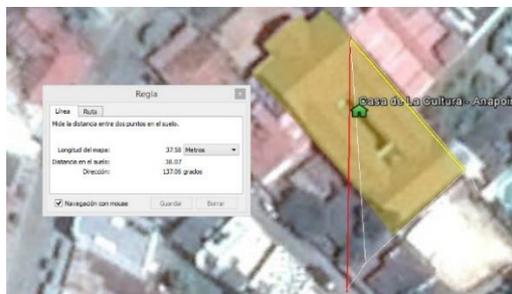
Se establece el norte por medio de Google Earth por medio de trazo digital



Recuperado de Earth (Earth, 2017)

Imagen 22.

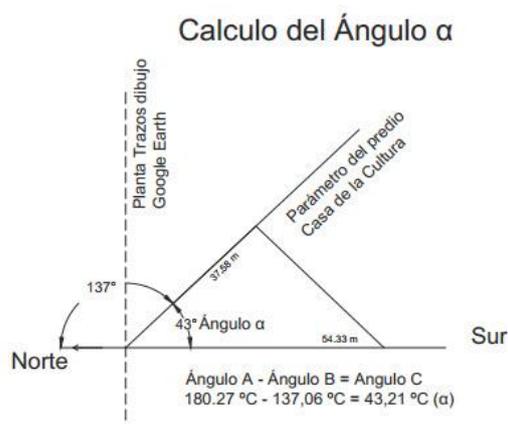
Se direcciona el borde del predio y la cubierta del mismo



Recuperado de Earth (Earth, 2017)

Imagen 24.

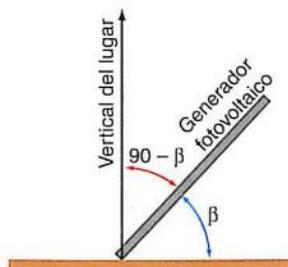
Determinación del Angulo (α) y (β)



Información creada por Autor (Castillo, 2017)

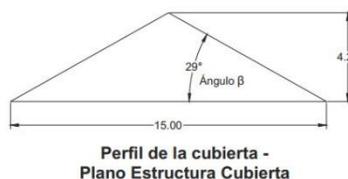
Imagen 23.

Angulo de inclinación (β)



Recuperado de Instalaciones fotovoltaicas (Herranz, 2010)

Calculo del Ángulo β



Calculo de β
 $\tan \beta = \text{Copuesto/CAdyacente}$
 $\tan \beta = 4,23 \text{ m} / 7,5 \text{ m}$
 $\text{Arc Tan } \beta = 0,564$
 $\beta = 29,42^\circ$

Desde el punto inicial de la **Imagen 21**.
 Se establece el norte por medio de Google Earth por medio de trazo digital, se toma una nueva dirección que bordea por el predio, generando un nuevo Angulo y una distancia en metros (m) como se refleja en la **Imagen 22**.
 Se direcciona el borde del predio y la cubierta del mismo. Se realiza la sustracción del Angulo inicial con respecto al final.

Ecuación 1.

Determina el Acimut presente en la estructura con respecto al sur

$$\text{Angulo } A - \text{Angulo } B = \text{Angulo } C$$

$$180,27^\circ C - 137,06^\circ C = 43,21^\circ C (\alpha)$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010).

Para establecer el Angulo (β), conforme a la **Imagen 23**.

Angulo de inclinación (β), se toman las distancia del base dela cubierta según el perfil del Plano 5. Estructura Cubierta – Detalles y se toma la distancia entre los ejes [A] y [D] y realizando una operación trigonometría se establece el Angulo de la cubierta.

Ecuación 2.

Determina el Angulo B presente en la estructura de la cubierta

$$\text{Tan } \beta = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Cateto Adyacente}} = \frac{4,23 \text{ m}}{7,5 \text{ m}} = 0,564$$

$$\tan^{-1} \beta = 0,564$$

$$\beta = 29,42^\circ$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Inclinación optima en función de la latitud.

Para determinar la inclinación óptima en función de la latitud se selecciona el tipo de instalación como la máxima captación de energía. Para tal fin manejamos la **Tabla 12**. Inclinaciones óptimas en función del periodo de máxima captación. Que nos da la opción de elegir el tipo de instalación a diseñar, por motivos de función y uso de la edificación se selecciona la “Autónoma de consumo anual constante”.

Tabla 12.
Inclinaciones óptimas en función del periodo de máxima captación

Tipo de instalación	Uso	Máxima captación de energía	Inclinación óptima
Conectadas a la red	Anual	Anual	$\beta_{opt} = \phi - 10$
Bombeo de agua	Anual	Verano	$\beta_{opt} = \phi - 20$
Autónomas de consumo anual constante	Anual	Periodo de menor radiación (por ejemplo, invierno)	$\beta_{opt} = \phi + 10$

Recuperado del libro. (Herranz, 2010)

Conforme a Agustín Castejón se retoma la ecuación numero **Ecuación 3.**

Angulo de inclinación optimo en grados con respecto a la latitud

Ecuación 3.

Angulo de inclinación optimo en grados con respecto a la latitud

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * [\Phi] \quad \beta_{opt} = \text{ángulo de inclinación óptima (grados)}$$

[Φ] = latitud del lugar, sin signo (grados)

$$\beta_{opt} = 3,7 + [0,69 * [4,55 + 10]] \quad \beta_{opt} = 13,73 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Recuperado del libro. (Herranz, 2010)

Criterio de máxima captación solar

Existe criterio de máxima captación de energía, para determinar la inclinación. En nevadas frecuentes se requieren inclinaciones próximas a los 90° para evitar acumulaciones de nieve sobre la superficie del generador, en Zonas desérticas para evitar acumulaciones de arena en la superficie es necesaria una inclinación de 45°. Y en regiones lluviosas tropicales deben tener una inclinación máxima de 30°.

Tabla 13.

Número de días al mes que llueve Enero - Junio

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
12	8	18	17	11	13

Información facilitada por la entidad (IDEAM - Instituto de Hidrología, Solicitud de Información, 2017)

Tabla 14.

Número de días al mes que llueve Julio - Diciembre

Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
12	9	10	13	14	1

Información facilitada por la entidad (IDEAM - Instituto de Hidrología, Solicitud de Información, 2017)

Se selecciona el criterio de regiones lluviosas tropicales como un Angulo optimo $\beta_{opt} = 23^\circ C$, varios autores establecen que para zonas tropicales lluviosas se debe seleccionar un Angulo $\beta_{opt} 30^\circ$ como una inclinación mínima; pero por motivos practico y ubicados en la zona tórrida tropical varios diseñadores e instaladores recomiendan por experiencia propia que el generador solar ubicarlo a 23° dado que presenta mayor eficiencia de generación y el mantenimiento a los paneles es igual.

Radiación sobre una superficie inclinada

Se puede calcular el valor medio anual de la irradiación global diaria sobre una superficie inclinada, con fórmulas sencillas, partiendo de los valores medios anuales de la irradiación global diaria horizontal $G_a(0)$ de la **Tabla 6.**

Irradiación solar diaria sobre el plano horizontal [kWh/m²/día] Enero 2016– Junio y **Tabla 7.**

Irradiación solar diaria sobre el plano horizontal [kWh/m²/día] Julio 2016 – Dicimbre, como

datos de partida la latitud de la localidad y la inclinación óptima β_{opt} de la superficie del generador.

La irradiación global anual que se obtiene sobre la superficie con inclinación óptima y acimut cero es:

Ecuación 4.
Radiación sobre una superficie inclinada con un Angulo de 23 grados

$$G_a(\beta_{opt}) = \frac{G_a(0)}{1 - 4,4 * 10^{-4} * \beta_{opt} - 1.19 * 10^{-4} * \beta_{opt}^2}$$

$G_a(\beta_{opt})$ = valor medio anual de la irradiación global sobre superficie con inclinación óptima ($kW * \frac{h}{m^2}$)

$G_a(0)$ = media anual de la irradiación global horizontal ($kW * \frac{h}{m^2}$)

β_{opt} = inclinación óptima de la superficie (°)

$$G_a(\beta_{opt}) = \frac{G_a \left(4,82 \left(kW * \frac{h}{m^2} \right) * 365 \right)}{1 - (4,4 * 10^{-4} * 23) - (1.19 * 10^{-4} * (23^2))} = 2000,3 kW * \frac{h}{m^2}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Factor de irradiación [FI]

Siempre que sea posible se debe orientar la superficie del generador de forma óptima ($\alpha = 0^\circ$ y β_{opt}). Sin embargo esta condición no siempre se puede cumplir. Se pueden considerar estas pérdidas con favor o en contra a la inclinación y orientación no óptimas. Para tal fin se aplica un coeficiente de reducción de energía denominado factor de irradiación [FI] y es calculado con las siguientes expresiones: pero son tomados los valores de α de la **Ecuación 1**.

Determina el Acimut presente en la estructura con respecto al sur, y el β de la *Ecuación 2*.

Determina el Angulo B presente en la estructura de la cubierta.

Ecuación 5.

Calculo del Factor de Irradiación FI, con respecto al Angulo

Para ángulos de inclinación $15^\circ < \beta < 90^\circ$

Para ángulos de inclinación: $\beta < 15^\circ$

$$FI = 1 - \{1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-5} \alpha^2\}$$

$$FI = 1 - \{1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2\}$$

FI = factor de irradiación (sin unidades)

β = inclinación real de la superficie ($^\circ$)

β_{opt} = inclinación óptima de la superficie ($^\circ$)

α = acimut de la superficie ($^\circ$)

Para el diseño fotovoltaico se debe utilizar la ecuación - Para ángulos de inclinación $15^\circ < \beta < 90^\circ$

$$FI = 1 - \{1,2 * 10^{-4} * (30 - 23)^2 + 3,5 * 10^{-5} 43^2\} = 1.058835$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

La irradiación sobre la superficie con inclinación y acimut no óptimos se calcula multiplicando la irradiación sobre la superficie con inclinación óptima por el factor de irradiación:

Ecuación 6.

Calculo para irradiación sobre la superficie con inclinación y acimut no óptimos

$$G_a(\alpha, \beta) = FI * G_a(\beta_{opt})$$

$G_a(\alpha, \beta)$ = valor medio anual de la irradiación global sobre superficie con inclinación acimut no óptimos ($kW h/m^2$)

$G_a(\beta_{opt})$ = valor medio anual de la irradiación global sobre superficie con inclinación óptima ($kW \frac{h}{m^2}$) y acimut cero

$FI =$ factor de irradiación (sin unidades)

$$G_a(\alpha, \beta) = 1.058835 * 2000,3 = 2117.96 \text{ (kW * h/m}^2\text{)}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Calculo de la Constante K para el periodo de diseño

Para los periodos de diseño más habituales se utiliza **Tabla 15**.

Inclinación óptima en función de la latitud (Φ) y relación K entre la irradiación diaria., e indica la inclinación del generador para que la energía recogida sea máxima en función de la latitud del lugar (Φ) y una constante K que indica la relación entre el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano horizontal $G_{dm}(0)$ y el mismo valor para un plano inclinado un ángulo óptimo $G_{dm}(0, \beta_{opt})$.

Tabla 15.
Inclinación óptima en función de la latitud (Φ) y relación K entre la irradiación diaria.

Periodo de diseño	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\Phi + 10$	1,7
Julio	$\Phi - 20$	1
Anual	$\Phi - 10$	1,5
Calculo Colombia		1,138 (calculado)

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Ecuación 7.
Calculo de la Constante K para el Angulo de trabajo expuesto en el diseño

$$K = \frac{G_{dm}(0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)} \qquad K = \frac{(2000,3 / 365)}{4,82} = 1.138$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Calculo de pérdidas por factores de inclinación y orientación no óptimos.

Cuando se hace la comparación del rendimiento del generador en factores de orientación e inclinación, con respecto de la inclinación y orientación optima, se establecen las inclinaciones limite sobre la línea del eje o radial de la **Imagen 25**.

Rendimiento de un generador fotovoltaico en función de la orientación e inclinación con respecto a la orientación e inclinación óptimas.

Cuando el resultado de la inclinación obtenida está muy cerca del límite establecido se puede comprobar con las expresiones:

Ecuación 8.

Perdidas por factores de inclinación y orientación NO optima

$$\text{Perdidas (\%)} = 100 * (1,2 * 10^{-4} * (\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2); \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Perdidas (\%)} = 100 * (1,2 * 10^{-4} * (\beta - \phi + 10)^2); \text{ para } \beta \leq 15^\circ$$

β inclinación del generador fotovoltaico (°)

α orientación o acimut del generador fotovoltaico (°)

ϕ latitud del lugar (°)

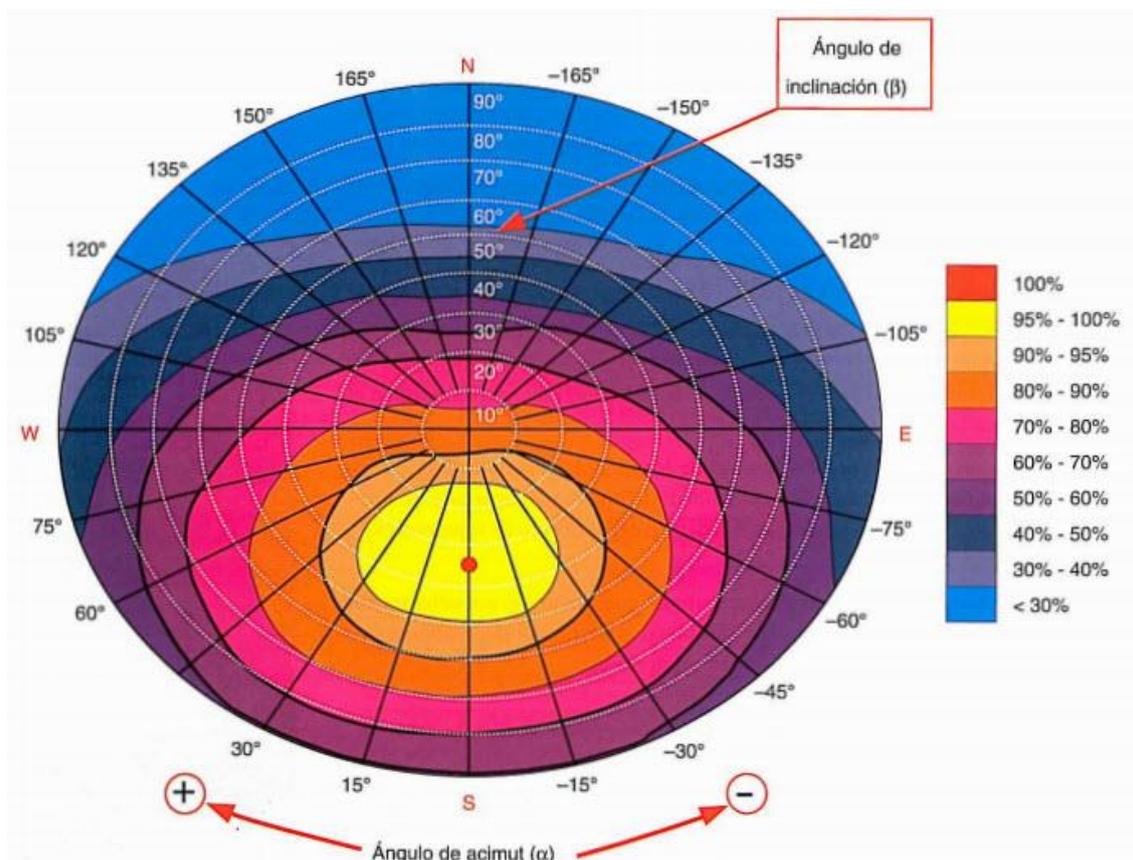
$$\text{Perdidas (\%)} = 100 * (1,2 * 10^{-4} * (30 - 4,54 + 10)^2 + 3,5 * 10^{-5} * 43^2); \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Perdidas (\%)} = 15,1461; \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Imagen 25.

Rendimiento de un generador fotovoltaico en función de la orientación e inclinación con respecto a la orientación e inclinación óptimas.



Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Factores de sombreado

Si la ocultación es parcial se aplica el factor de llenado más próximo a los valores: 0,25, 0,50, y 0,75. Para el caso presente de la casa de la cultura se maneja un factor de sombreado “Ausencia de Sombras”, podemos verificarlo bajo la **Imagen 26**.

Vista panorámica del tejado de la casa de la cultura, colocando de primer plano el acimut sur (centro de la imagen) el valor establecido al cálculo es 1.

Imagen 26.

Vista panorámica del tejado de la casa de la cultura, colocando de primer plano el acimut sur (centro de la imagen)



Imagen tomada por Autor (Castillo, 2017)

Valor medio mensual de irradiación diaria sobre una superficie horizontal

Con los factores y constantes descritos se calcula el valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador, inclinada un ángulo β y orientada un ángulo de acimut α , partiendo del valor medio mensual de irradiación diaria sobre una superficie horizontal $G_{dm}(0)$ publicado en alguna de las fuentes académicas con la expresión:

Ecuación 9.

Valor medio mensual de irradiación diaria sobre una superficie horizontal - Condiciones establecidas

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) * K * FI * FS$$

K constante obtenida de la Tabla 11. que proporciona la relación entre la Irradiación diaria sobre el plano horizontal $G_{dm}(0)$ y el mismo valor para un plano inclinado un ángulo óptimo $G_{dm}(0, \beta_{opt})$ (sin unidades).

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = 4,60 * 1,138 * 1,058835 * 1 = 5,5416 \text{ kWh/m}^2$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Performance Ratio PR

Para facilitar el cálculo de la potencia del generador, estas pérdidas se agrupan en un coeficiente que recoge el rendimiento energético de la instalación denominada PR (Performance Ratio).

Los valores típicos de PR que se recomienda utilizar son:

Sistemas con inversor: $PR = 0,7$

Sistemas con inversor, batería y regulador de carga: $PR = 0,6$ ***

Sistema con batería y regulador de carga (sin inversor): $PR = 0,7$

La sección utilizada para el ejercicio académico se representa por (***)).

Inventario de los equipos y aparatos eléctricos.

En la casa de la cultura del municipio de Anapoima se desarrolló un inventario en el cual se referencio los diversos y múltiples equipos eléctricos y electrónicos, este inventario referencio la carga eléctrica de cada aparato con sus correspondientes horas de consumo; se hace la relación de dicha información en el **Anexo 4**. Inventario equipos. Casa de la cultura. Mostrando el área o zona de distribución arquitectónica del edificio, el tipo de elemento electrónico o equipo, la cantidad presente en la zona evaluada, la unidad de potencia en Watt, Amperios, voltaje, y tiempo de uso diario reportado por medio de una entrevista local a los funcionarios que hacen uso de los mismos.

Conforme a esta información generada y tomada por medio de los equipos eléctricos, se genera la columna siguiente denominada consumo de energía estimado (Wh/día), se encuentra compuesto por medio de la siguiente fórmula matemática.

Ecuación 10.

Calculo del consumo de energía estimado.

$$C_{Estimado} = C_{Equipos} * P_{Equipos} * T_{Uso}$$

$$C_{Estimado} = \text{Consumo de energía estimado} \left(\frac{Wh}{\text{día}} \right)$$

$$C_{Equipos} = \text{Cantidad de Equipos (un)}$$

$$P_{Equipos} = \text{Potencia de cada Equipo relacionado (Watt)}$$

$$T_{Uso} = \text{Tiempo Aproximado de uso} \left(\frac{\text{horas}}{\text{día}} \right)$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

La sumatoria de esta información relacionada, presenta un consumo estimado de energía por día de 73.877,03 (Wh/día), se calcula que el Consumo estimado de energía por mes que es de 2.216.310 (Wh/mes), al realiza la conversión de Watt a Kilowatt, el resultado es de 2.216,31 (kWh/mes), este último valor se compara con el consumo más alto en periodo de un año registrado en la factura de cobro (mes de enero del 2016 con un registro de 1923 kWh)¹, y la comparación resultante determina que el valor generado por la medición que es MAYOR frente al valor registrado en la factura, este supera los 293,31 (kW/mes).

Se debe realiza un proceso de ajuste, representado por valor del consumo mensual registrado en la medición de la compañía de electricidad, sobre el valor más alto registrado en la factura. Esta operación debe realizarse de forma porcentual para ser adicionada a cada registro de forma puntual, como se refleja en la siguiente ecuación.

¹ Anexo 5. Resumen de consumos anuales de la Casa de la cultura.

Ecuación 11.

Porcentaje de ajuste del consumo eléctrico

Porcentaje de Auste (%)

$$= \frac{\text{Consumo estimado de energía por mes } \left(\frac{kWh}{mes}\right)}{\text{Consumo Factura por mes Recibo Maximo } \left(\frac{kWh}{mes}\right)} * 100$$

$$\text{Porcentaje de Auste } (\%) = \frac{2216,31 \left(\frac{kWh}{mes}\right)}{1923 \left(\frac{kWh}{mes}\right)} * 100 = 115,25\%$$

Recuperado de Energías Renovables (Cable, 2017)

Este porcentaje de ajuste (%) es recalculado en la columna de consumo de energía ajustado, que nos determinara un balance de consumos medidos por la entidad prestadora de energía; y las horas de uso de equipos eléctricos registrados en la edificación es calculado por medio de una entrevista a personal encargado de uso y manejo de los mismos. En pro de estos cálculos se establece las siguientes tablas de resumen general de información de consumos porcentuales en cada área de la edificación. Anexo 4. Inventario equipos. Casa de la cultura. Aquí se establece su operación por una medida de tiempo calculada en horas, y su carga en watt, para esto se encuentra dentro de tiempos estimados de operación en horas, y se relaciona por medio de la valoración técnica del equipo en su ficha de operación.

En la **Tabla 19.**

Consumos Wh/día por cada Área - Inventariado, se relaciona los consumos de las áreas de la Casa de la Cultura por medio de una sumatoria total de los aparatos calculada en Wh/día; siendo este una relación porcentual de consumo global de la edificación, se observa en la

Tabla 17.

Porcentaje de Consumo - Inventariado, que se refleja los diferentes pesos porcentuales de consumo presentes por cada dependencia, sobresale los valores del Salón Vive digital con un peso del 64,54% y la biblioteca con un peso del 21,61%; que a ser sumados presentan un 86,15% del consumo energético del edificio; el primero se justifica por medio de la agrupación de equipos electrónicos como switch, puertos de comunicación de todo el edificio, computadores, monitores e impresoras que representan el 100% del uso del área; por otra parte la biblioteca registra un número inferior de computadores que son utilizando en menor medida y desde este condición existe estos consumos reflejados, la parte electrónica a nivel fisco sobre la biblioteca se refleja en un 20%.

Se ha propuesto para el diseño fotovoltaico el cambio de algunas luminarias y bombillos por tecnología LED, que demostraría un mayor rendimiento en la instalación, una reducción de consumo energético y se generaría una ventana de seguridad de consumo o excedente necesario para eventos inesperados; esta propuesta establece el remplazo de las luminarias del edificio, para tal fin se visualiza en la **Tabla 21**.

Propuesta de equipos eficientes para reducción de gasto. Las diferentes referencias propuestas que al ser utilizadas con la misma intensidad horaria demostraría en la reducción del consumo; por otra parte el cambio de equipos de cómputo e impresoras más e eco eficientes, son medidas dispendiosas; por parte, de la administración municipal y la biblioteca. En los ítems de color gris se presentan los posibles cambios, para la reducción de gasto y optimización del mismo.

Al ser comparados los consumos inventariados a nivel general estos son de 2.216,31 (kWh/mes); superiores en 293,31 (kWh/mes) frente al consumos mensual más alto del año; al

realizar el cambio de las luminarias por una ahorradores tipo LED se reduciría posiblemente en 138,28 (kWh/mes) frente al consumo más altos del año. Se estima que la reducción global pude alcanzar un 7,2% mensual. En las tablas *Tabla 16*.

Porcentaje de Consumo - Propuesto y *Tabla 18*.

Consumos Wh/día por cada Área - Propuesto, se reflejan los porcentajes registrados por cada área del edificio en forma porcentual.

Tabla 16.
Porcentaje de Consumo - Propuesto

Zona o Área del Edificio	% de Consumo
Biblioteca	17,64%
Baños Internos	0,75%
Hall Plazoleta	0,44%
Oficina Turismo	3,81%
Salón de Danzas - Auditorio	2,44%
Salón Exposiciones	0,54%
Salón Vive Digital	74,37%
General	100,00%

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Tabla 17.
Porcentaje de Consumo - Inventariado

Zona o Área del Edificio	% de Consumo
Biblioteca	21,61%
Baños Internos	2,18%
Hall Plazoleta	1,29%
Oficina Turismo	3,87%
Salón de Danzas - Auditorio	5,87%
Salón Exposiciones	0,63%
Salón Vive Digital	64,54%
General	100,00%

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Tabla 18.
Consumos Wh/día por cada Área - Propuesto

Zona o Área del Edificio	Consumo de energía Estimado (Wh/día)
--------------------------	--------------------------------------

Tabla 19.
Consumos Wh/día por cada Área - Inventariado

Zona o Área del Edificio	Consumo de energía Estimado (Wh/día)
--------------------------	--------------------------------------

Biblioteca	10.493,43	Biblioteca	18.400,60
Baños Internos	448,00	Baños Internos	1.858,80
Hall Plazoleta	264,00	Hall Plazoleta	1.095,36
Oficina Turismo	2.268,80	Oficina Turismo	3.298,07
Salón de Danzas - Auditorio	1.450,20	Salón de Danzas - Auditorio	5.001,74
Salón Exposiciones	321,80	Salón Exposiciones	538,46
Salón Vive Digital	44.244,60	Salón Vive Digital	54.952,29
General	48.997,40	General	85.145,33
Información creada por Autor (Castillo, 2017)		Información creada por Autor (Castillo, 2017)	

Tabla 20.
Comparativo del ahorro energético por cada área - Comparativo - Propuesto Vs Inventario

Zona o Área del Edificio	Ahorro de energía Estimado (Wh/día)	% de Ahorro
Biblioteca	7.907,17	42,97%
Baños Internos	1.410,80	75,90%
Hall Plazoleta	831,36	75,90%
Oficina Turismo	1.029,27	31,21%
Salón de Danzas - Auditorio	3.551,54	71,01%

Salón Exposiciones	216,66	40,24%
Salón Vive Digital	10.707,69	19,49%
General	25.654,50	30,13%

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Ver la **Tabla 18**.

Consumos Wh/día por cada Área - Propuesto y **Tabla 19**.

Consumos Wh/día por cada Área - Inventariado; se reflejan los valores calculados en Wh/día de cada una de las áreas, aquí se puede apreciar la diferencia de consumos, al realizar el cambio de la iluminación, y se hallaría un valor de reducido y optimizado de energía. Al ser comparadas estas cuatro tablas anteriores se da como resultado la **Tabla 20**.

Comparativo del ahorro energético por cada área - Comparativo - Propuesto Vs Inventario, se refleja los valores de ahorro frente al área relacionada, todo esto refleja un ahorro total del 30,13% por mes.

Para efectos de continuar el diseño fotovoltaico, se tomara como Consumo estimado de energía por día el valor de 59.490,83 (Wh/día) (valor reflejado en la gasto. Columna Consumo de energía estimado en (Wh/día)); siendo este un consumo general de para corriente continua donde el valor de los picos fluctuantes puede alcanzar el 0.9, para un valor estimado de diseño del 66.111,11 (Wh/día)- $[W_d]$

Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Al tener la irradiación global diaria $[G_{dm}(\alpha, \beta)]$, haber determinado el PR, haber establecido el Valor medio de la Energía necesaria $[W_d]$. Se puede establecer el potencial mínimo, intermedio y máximo del generador fotovoltaico con la siguiente expresión.

$$P_{G \min} = \frac{W_d * G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) * PR}$$

$P_{G \min}$ = potencia del generador (W)

G_{CEM} = Irradiancia en condiciones CEM (constante de valor $1.000 \frac{W}{m^2}$)

W_d = consumo de energía diario (Wh)

$G_{dm}(\alpha, \beta)$

= Valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador

inclinada un ángulo β y orientada un acimut α ($\frac{Wh}{m^2}$)

PR = rendimiento energético de la instalación. Expresado en tanto por uno

Ecuación 12. Valor mínimo de potencia del generador fotovoltaico $P_{G \min}$

$$P_{G \min} = \frac{W_d * G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) * PR} = \frac{66.111,11(Wh) * 1000 \frac{W}{m^2}}{5.541,6166(\frac{Wh}{m^2}) * 0.6} = 19.833,22 \text{ Watt}$$

Ecuación 13. Valor máximo del Generador Fotovoltaico $P_{G \max}$.

$$P_{G \max} = P_{G \min} * 1,2 = 19.833,22 \text{ Watt} * 1,2 = 23.859,86 \text{ Watt}$$

Tabla 21.
Propuesta de equipos eficientes para reducción de gasto.

Zona o Área del Edificio	Equipo	Cantidad de Equipos	Unidad Watt	General Total	Unidad Amp	Unidad Voltaje	Tiempo Aproximado de Uso (h/día)	Consumo de energía Estimado (Wh/día)	Consumo de Energía Ajustada (Wh/día)	% de Consumo
Biblioteca	Portátil Smart	12	61,56 Watt	738,72 Watt	3,42 Amp	120 Vol	4	2.954,88	2.742,41	17,64%
	Ventiladores Genericos	9	47 Watt	376 Watt	0,39 Amp	120 Vol	4	1.504,00	1.395,85	
	Panel LED 60"60 2B355MD 48W 6400K 85-265V	20	48 Watt	960 Watt	0,56 Amp	85 Vol	2,1	2.016,00	1.871,04	
	BALA LED TECHO SATIN COB	14	10 Watt	140 Watt	0,12 Amp	85 Vol	3,6	504,00	467,76	
	DVD LG	1	9 Watt	9 Watt	0,08 Amp	120 Vol	1	9,00	8,35	
	TV LG de 42"	1	120 Watt	120 Watt	1,00 Amp	120 Vol	1	120,00	111,37	
	Reproductor de Sonido con MP3	1	13 Watt	13 Watt	0,11 Amp	120 Vol	0,5	6,50	6,03	
	Pistola laser de lectura de codigos	1	2 Watt	2 Watt	0,02 Amp	120 Vol	0,5	1,00	0,93	
	Portatil Core i7	2	80 Watt	160 Watt	4,00 Amp	20 Vol	5	800,00	742,48	
	Computadores de escritorio HP todo en uno	2	120 Watt	240 Watt	6,00 Amp	20 Vol	5	1.200,00	1.113,71	
	Impresoras Epson Multifuncional m200	2	10 watt	20 Watt	0,08 Amp	120 Vol	1,25	25,00	23,20	
	Impresora HP HP LaserJet Pro series M1130	1	365 Watt	365 Watt	3,04 Amp	120 Vol	1,25	456,25	423,44	
	Ventiladores Mitsubishi Medianos	2	57 Watt	114 Watt	0,48 Amp	120 Vol	6	684,00	634,82	
	Ventiladores Pequeños	2	28 Watt	56 Watt	0,23 Amp	120 Vol	3,8	212,80	197,50	
	Baños Internos	BALA LED TECHO SATIN COB	8	10 Watt	80 Watt	0,12 Amp	85 Vol	2,8	224,00	
BALA LED TECHO SATIN COB		8	10 Watt	80 Watt	0,12 Amp	85 Vol	2,8	224,00	207,89	
Hall Plazaola	BALA LED TECHO SATIN COB	12	10 Watt	120 Watt	0,12 Amp	85 Vol	1,1	132,00	122,51	0,44%
	BALA LED TECHO SATIN COB	12	10 Watt	120 Watt	0,12 Amp	85 Vol	1,1	132,00	122,51	
Salon de Danzas Auditorio	BALA LED TECHO SATIN COB	40	10 Watt	400 Watt	0,12 Amp	85 Vol	2,1	840,00	779,60	2,44%
	Tomas Dobles	5	0 Watt	0 Watt	0,00 Amp	120 Vol	0	0	0	
	Bombilla Ahoradora de 40 W	12	12 Watt	144 Watt	0,10 Amp	120 Vol	2,1	302,40	280,66	
Oficina Turismo	Ventiladores Mitsubishi Medianos	3	57 Watt	171 Watt	0,48 Amp	120 Vol	1,8	307,80	285,67	3,81%
	Ventiladores Mitsubish Medianos	1	57 Watt	57 Watt	0,48 Amp	120 Vol	6,4	364,80	338,57	
	TV LG de 42"	1	94 Watt	94 Watt	0,78 Amp	120 Vol	2	188,00	174,48	
	Nevera Mediana	1	98 Watt	98 Watt	0,81 Amp	120 Vol	4	392,00	363,81	
	Computadores de escritorio HP todo en uno	2	120 Watt	240 Watt	6,00 Amp	20 Vol	4,2	1.008,00	935,52	
	Impresoras Lasser	1	440 Watt	440 Watt	3,67 Amp	120 Vol	0,2	88,00	81,67	
Salon Exposiciones	BALA LED TECHO SATIN COB	6	10 Watt	60 Watt	0,12 Amp	85 Vol	3,8	228,00	211,61	0,54%
	Lamparas de 12V	60	4 Watt	240 Watt	0,33 Amp	12 Vol	1	240,00	222,74	
	Tomas Dobles	8	0 Watt	0 Watt	0,00 Amp	120 Vol	0,2	0	0	
	BALA LED TECHO SATIN COB	47	10 Watt	470 Watt	0,12 Amp	85 Vol	0,1	47,00	43,62	
	Lampas de Incrustacion MBS244 1xCDM-Tm20W/830 K EB 24 PI GR	7	12 Watt	84 Watt	0,10 Amp	120 Vol	0,2	16,80	15,59	
Salón Vive Digital	Salida para Kardan con tres bombillos dicrioco de 50w, cada uno	6	30 watt	180 Watt	0,25 Amp	120 Vol	0,1	18,00	16,71	74,37%
	Pc Compaq HP Compaq Pro 4300	22	85 Watt	1870 Watt	0,71 Amp	120 Vol	3,8	7.106,00	6.595,04	
	Monitores de 24" Hp LE1851w	22	180 Watt	3960 Watt	1,50 Amp	120 Vol	3,8	15.048,00	13.965,96	
	Computadores de escritorio HP All-in-One + 22-3015La (táctil) [ENERGY	2	120 Watt	240 Watt	6,00 Amp	20 Vol	4,8	1.152,00	1.069,16	
	Impresoras Lasser HP	1	440 Watt	440 Watt	5,30 Amp	120 Vol	2	880,00	816,72	
	Impresora hp officejet pro 8500	1	40 Watt	40 Watt	0,33 Amp	120 Vol	0,2	8,00	7,42	
	Router de 32 puertos CISCO	3	16 Watt	48 Watt	0,13 Amp	120 Vol	24	1.152,00	1.069,16	
	Servidor de RED	1	350 Watt	350 Watt	2,92 Amp	120 Vol	24	8.400,00	7.795,99	
	Modem	2	100 Watt	200 Watt	0,83 Amp	120 Vol	24	4.800,00	4.454,85	
	Wifi	1	25 Watt	25 Watt	0,21 Amp	120 Vol	24	600,00	556,86	
	Ventiladores Samural Medianos	5	57 Watt	285 Watt	0,48 Amp	120 Vol	4,2	1.197,00	1.110,93	
	Sistema de Sonido	1	68 Watt	68 Watt	0,57 Amp	120 Vol	6,5	442,00	410,22	
	Video beam	1	568 Watt	568 Watt	4,73 Amp	120 Vol	0,35	85,20	79,07	
	BALA LED TECHO SATIN COB	12	10 Watt	120 Watt	0,12 Amp	85 Vol	3,8	456,00	423,21	
	Panel LED 60"60 2B355MD 48W 6400K 85-265V	18	48 Watt	768 Watt	0,56 Amp	85 Vol	3,8	2.918,40	2.708,55	
Consumo estimado de energía por día (Wh/día)								59.490,83	56.213,09	
Consumo estimado de energía por mes (Wh/mes)								1.784.724,90	1.656.392,60	
Consumo estimado de energía por mes (kWh/mes)								1.784,72	1.656,39	
Consumo Factura por mes Recibo Máximo								1.923,00	1.784,72	
Porcentaje de ajuste								59,49		
% de ajuste = $\frac{\text{Consumo total estimado de energía por mes (kWh)} \cdot 100}{\text{Consumo facturado de energía por mes (kWh)}}$								92,81		
								7,19		
Coeficiente Seguridad								15%		
Consumo medio Mensual Hora de electricidad (kW.h)								4,857569167		
Consumo medio Mensual Hora de electricidad (kW.h) + Coef Seguridad								5,701204542		
Consumo estimado de energía por día (Wh/día)								68.414,45		Año
Consumo estimado de energía por mes (Wh/mes)								2.052.433,64		24.629.203,62
Consumo estimado de energía por mes (kWh/mes)								2.052,43		24.629,20
Consumo Factura por mes Recibo Máximo								2.211,45		26.537,40

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal simón bolívar de Anapoima, Cundinamarca.

Ecuación 14.

Valor mínimo de potencia del generador fotovoltaico $P_G \text{ min}$ - Calculado

$$P_{G \text{ min}} = \frac{66.111,11 \text{ Wh} * 1.000 \frac{W}{m^2}}{5.541,6166 \text{ Wh}/m^2 * 0,6} = 19.833,22 \text{ Watt}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Ecuación 15.

Valor máximo del Generador Fotovoltaico $P_G \text{ máx.}$ – Calculado

$$P_{G \text{ max}} = 19.833,22 \text{ Watt} * 1,2 = 23.859,86 \text{ Watt}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Calculo del generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico debe cumplir con las siguientes condiciones de operación:

- Potencial mínimo del generador $P_{G \text{ min}} = 19.833.22 \text{ Watt}$
- Voltaje mínimo de operación $V = 230 \text{ Voltios}$
- Potencial máximo de generación no superara el 20% de $P_G \text{ min} = 23.859,86 \text{ Watt}$
- El arreglo en serie o paralelo no debe ser menor a algunos valores y debe encontrarse en estas condiciones incluyendo la perdida de voltaje por la utilización de diodos, en condiciones de temperatura de trabajo máximas a 25 grados centígrados.

Nota: aclaratoria de acuerdo al arreglo fotovoltaico se establece que entre más ramas en paralelo existan mayor será el amperaje generado y voltaje se mantiene estable, y es inversamente proporcional en configuración contraria que al existir más ramas de módulos conectados en serie; que el amperaje será estable y el voltaje aumentara.

Para tal fin se empleó los paneles solares de referencia Trina Solar, de 325Watt TSM-325 de 72 Celdas (Trinasolar, 2017), con las siguientes especificaciones técnicas del producto referenciadas en **Anexo 6**. Ficha Técnica de Paneles Solares TRINASOLAR TSM-325-PD14; en donde por medio de cálculos eléctricos, se estableció que deben colocarse cinco (5) ramas en paralelo, estas se encuentra organizadas con diez y siete (17) módulos conectados en serie, para un total de ochenta y cuatro (85) módulos conectados. Para dar una idea específica se ilustra en la **Imagen 27**.

Detalle de ejemplo de la conexión en serie y paralelo de los paneles solares², como debe realizarse la conexión de los paneles de forma teórica, para ser instalados en la cubierta.

Para efectos de diseño:

Conexión de módulos en serie/paralelo:

Ecuación 16. *Intensidad del generador (A)*

$$I_G = N_p * I_M = 5 * 8,69 (A) = 43,45 (A)$$

$$I_G = \text{Intensidad del generador (A)}$$

$$I_M = \text{intensidad de un módulo (A)}$$

$$N_p = \text{número de módulos conectados en paralelo}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Ecuación 17. *Tensión del generador (V)*

$$U_G = N_S * U_M ; U_G = 17 * 46,1V = 783,7 V$$

$$U_G = \text{tensión del generador (V)}$$

$$N_S = \text{número de módulos conectados en serie}$$

² **Plano 4.** Detalle de la conexión de paneles solares en paralelo y serie

$$U_M = \text{tensión de un módulo (V)}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Parámetros eléctricos de un generador fotovoltaico dependen directamente de los parámetros de sus módulos

Ecuación 18. *Potencia máxima del generador (W)*

$$P_{Gmáx} = N_S * N_p * P_{Máx} ; 17 * 5 * 325 \text{ Watt} = 27.625,00 \text{ Watt}$$

$$P_{Gmáx} = \text{potencia máxima del generador (W)}$$

$$N_S = \text{número de módulos conectados en serie.}$$

$$N_p = \text{número de ramas conectadas en paralelo}$$

$$P_{Máx} = \text{potencia máxima del módulo (W)}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

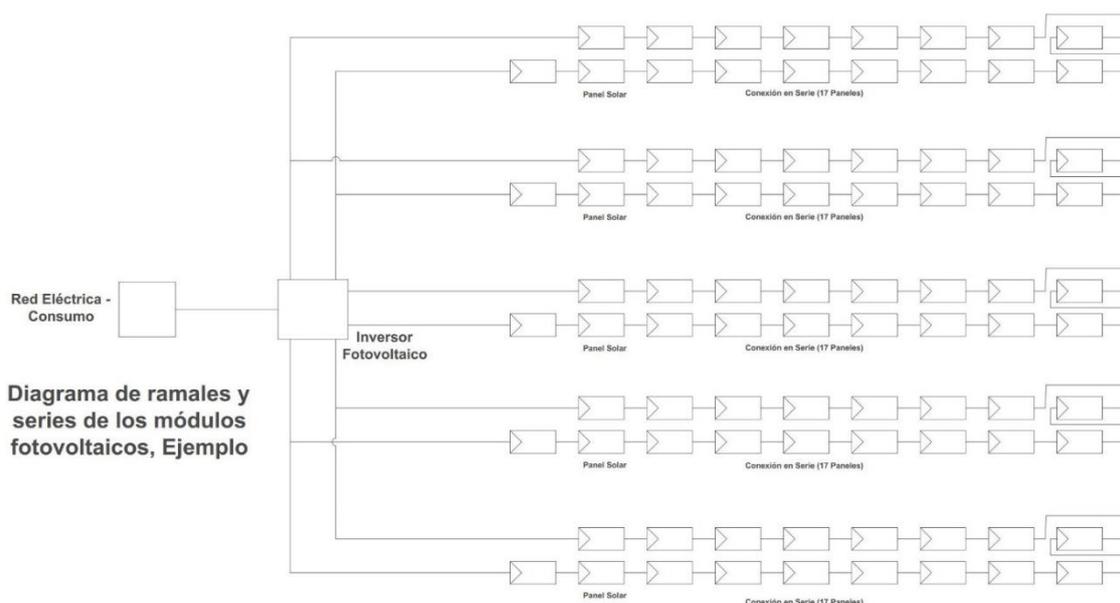
El manejo operativo planteado anteriormente en los cálculos de intensidad (A) y tensión (v), basados en los datos del panel fotovoltaico de potencia de generación, presenta voltajes altos con manejo de intensidad menores para evitar pérdidas mayores y disminuir correspondientemente el diámetro de conductores eléctricos, que podrían aumentar significativamente la ISFTV. (Orbezo & Arivilca, 2010). Con respecto a esta premisa técnica, se ha diseñado un simulador específico para el proyecto que representa las condiciones, técnicas, ambientales y geográficas en el diseño; para esto se refleja fácilmente en la **Imagen 28**.

Información de paneles fotovoltaicos y su correspondiente cálculo del generador, voltaje y cálculo no superior al 20%, se proyectan las especificaciones técnicas de cada panel solar fotovoltaico seleccionado, se recalcula su índices de eficiencia, su factor de Forma FF, se

establece las pérdidas por diodos de conexión y se establece un arreglo global con cálculos generales de diseño, el resultado de esto nos arroja la medida anteriormente mencionada de 85 paneles solares.

Para los efectos de diseño se toman los valores calculados mínimos, dado que la irradiancia mínima calculada en 1000 (w/m²), y para efectos prácticos funcionales del sistema solar fotovoltaico; el voltaje (V), no debe ser inferior a 230 V (según condición propuesta por el cálculo y por necesidad del usuario), al ser registrado bajo esta configuración, el valor teórico de tensión calculado por el generador es de 776,2 V (Max); la potencia mínima del generador no debe ser inferior a 19.833,22 Watt (calculada previamente bajo los consumos de la edificación) y bajo el arreglo la potencia mínima en condiciones adversar del sistema es de 20.485,00 watt, siendo superior a esta condición e igualmente inferior al 20% del mínimo; con un valor de 23.859,86 watt .

Imagen 27.
Detalle de ejemplo de la conexión en serie y paralelo de los paneles solares



Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Proyectando los cálculos realizado por el simulador, se establece las siguientes condiciones de generación energética fotovoltaica, necesarias para el desarrollo de las fases siguientes basado en:

Potencia resultante del generador: $P_{Gmax}(W)$

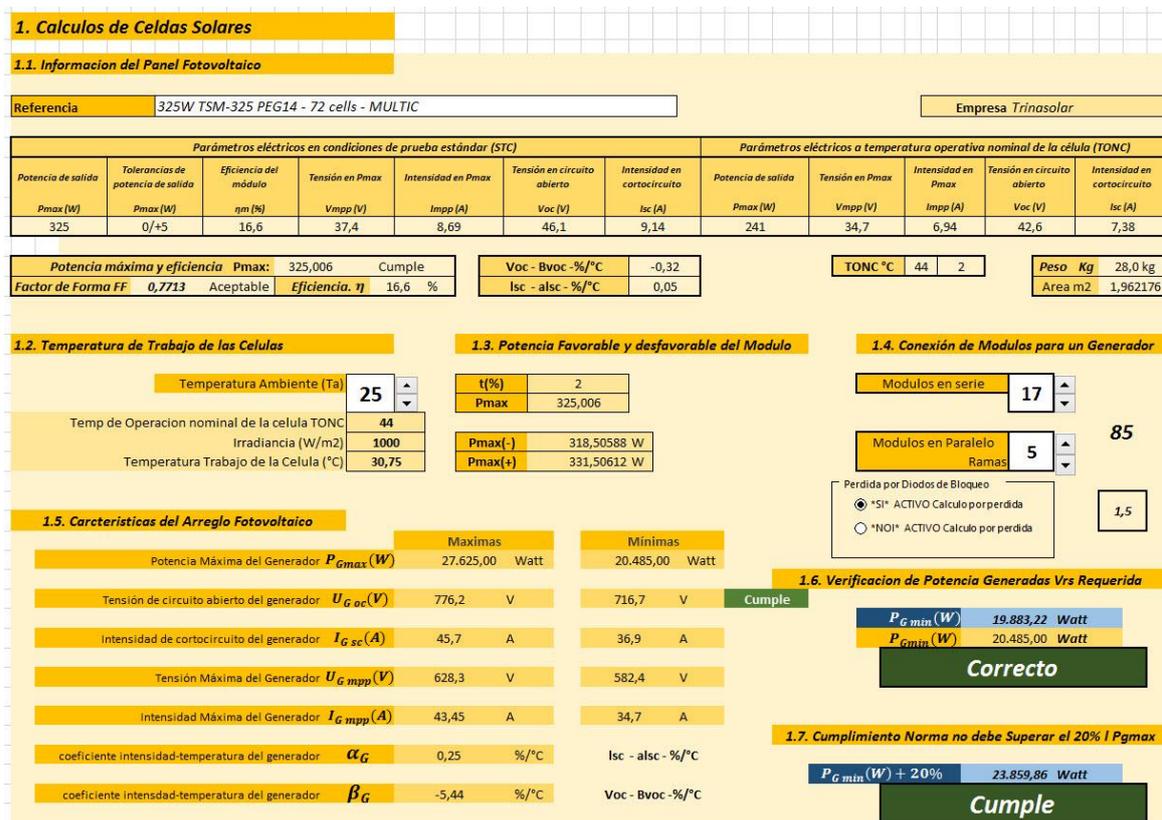
Ecuación 19. *Calculo para la potencia resultante del generador*

$$P_{Gmax}(W) = N_p * N_s * P_{max} = 17 * 5 * 325 = 27.625 \text{ watt}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Imagen 28.

Información de paneles fotovoltaicos y su correspondiente cálculo del generador, voltaje y cálculo no superior al 20%



1. Calculos de Celdas Solares

1.1. Información del Panel Fotovoltaico

Referencia: 325W TSM-325 PEG14 - 72 cells - MULTIC Empresa: Trinasolar

Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar (STC)						Parámetros eléctricos a temperatura operativa nominal de la célula (TONC)					
Potencia de salida $P_{max}(W)$	Tolerancias de potencia de salida $P_{max}(W)$	Eficiencia del módulo $\eta_m(\%)$	Tensión en P_{max} $V_{mpp}(V)$	Intensidad en P_{max} $I_{mpp}(A)$	Tensión en circuito abierto $V_{oc}(V)$	Intensidad en cortocircuito $I_{sc}(A)$	Potencia de salida $P_{max}(W)$	Tensión en P_{max} $V_{mpp}(V)$	Intensidad en P_{max} $I_{mpp}(A)$	Tensión en circuito abierto $V_{oc}(V)$	Intensidad en cortocircuito $I_{sc}(A)$
325	0/+5	16,6	37,4	8,69	46,1	9,14	241	34,7	6,94	42,6	7,38

Potencia máxima y eficiencia: P_{max} : 325,006 Cumple $V_{oc} - B_{voc} - \%/^{\circ}C$: -0,32
Factor de Forma FF: 0,7713 Aceptable **Eficiencia, η** : 16,6 % $I_{sc} - a_{lsc} - \%/^{\circ}C$: 0,05 **TONC $^{\circ}C$** : 44 2 **Peso Kg**: 28,0 kg
Area m2: 1,962176

1.2. Temperatura de Trabajo de las Células

Temperatura Ambiente (T_a): 25
 Temp de Operacion nominal de la célula TONC: 44
 Irradiancia (W/m^2): 1000
 Temperatura Trabajo de la Célula ($^{\circ}C$): 30,75

1.3. Potencia Favorable y desfavorable del Modulo

$t(\%)$: 2
 P_{max} : 325,006
 $P_{max}(-)$: 318,50588 W
 $P_{max}(+)$: 331,50612 W

1.4. Conexión de Modulos para un Generador

Modulos en serie: 17
 Modulos en Paralelo Ramas: 5 **85**
 Perdida por Diodos de Bloqueo: *SI* ACTIVO Calculo por perdida 1,5
 NOI ACTIVO Calculo por perdida

1.5. Características del Arreglo Fotovoltaico

	Maximas	Mínimas
Potencia Máxima del Generador $P_{Gmax}(W)$	27.625,00 Watt	20.485,00 Watt
Tensión de circuito abierto del generador $U_{Goc}(V)$	776,2 V	716,7 V Cumple
Intensidad de cortocircuito del generador $I_{Gsc}(A)$	45,7 A	36,9 A
Tensión Máxima del Generador $U_{Gmpp}(V)$	628,3 V	582,4 V
Intensidad Máxima del Generador $I_{Gmpp}(A)$	43,45 A	34,7 A
coeficiente intensidad-temperatura del generador α_G	0,25 %/ $^{\circ}C$	$I_{sc} - a_{lsc} - \%/^{\circ}C$
coeficiente intensidad-temperatura del generador β_G	-5,44 %/ $^{\circ}C$	$V_{oc} - B_{voc} - \%/^{\circ}C$

1.6. Verificación de Potencia Generadas Vrs Requerida

$P_{Gmin}(W)$: 19.883,22 Watt
 $P_{Gmin}(W)$: 20.485,00 Watt
Correcto

1.7. Cumplimiento Norma no debe Superar el 20% P_{Gmax}

$P_{Gmin}(W) + 20\%$: 23.859,86 Watt
Cumple

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Tensión de circuito abierto del generador: $U_{G oc}(V)$ **Ecuación 20.***Calculo Tensión de circuito abierto del generador*

$$U_{G oc}(V) = (N_s * U_{oc}) - (\text{Valor Perdida por diodos} * N_p) = (17 * 46,1) - (1,5 * 5) \\ = 776,2 V$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Intensidad de cortocircuito del generador $I_{G sc}(A)$ **Ecuación 21.***Calculo de Intensidad de cortocircuito del generador*

$$I_{G sc}(A) = N_p * I_{sc} = 5 * 9,14 A = 45,7 A$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Tensión Máxima del Generador $U_{G mpp}(V)$ **Ecuación 22.***Calculo Tensión Máxima del Generador*

$$U_{G mpp}(V) = N_s * U_{mpp} - (\text{Valor Perdida por diodos} * N_p) = (17 * 37,4) - (1,5 * 5) \\ = 628,3 V$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Intensidad Máxima del Generador $I_{G mpp}(A)$ **Ecuación 23.***Calculo Intensidad Máxima del Generador*

$$I_{G mpp}(A) = N_p * I_{mpp} = 5 * 8,69 = 43,45 A$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Coefficiente intensidad-temperatura del generador α_G

Ecuación 24.

Calculo Coeficiente intensidad-temperatura del generador α_G

$$\alpha_G = N_p * \alpha = 5 * 0,05 = 0,25 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Coefficiente intensidad-temperatura del generador β_G

Ecuación 25.

Calculo Coeficiente intensidad-temperatura del generador β_G

$$\beta_G = N_s * \beta = 17 * -0,32 = -5,44 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Tabla 22.

Relación de datos e información del generador Fotovoltaico

	Máxima	Mínima
Potencia Máxima del Generador $P_{Gmax}(W)$	27.625 watt	20.485 watt
Tensión de circuito abierto del generador $U_{G oc}(V)$	776,2 v	716,7 v
Intensidad de cortocircuito del generador $I_{G sc}(A)$	45,7 A	36,9 A
Tensión Máxima del Generador $U_{G mpp}(V)$	628,3 v	582,4 v
Intensidad Máxima del Generador $I_{G mpp}(A)$	43,45 A	34,7 A
coeficiente intensidad-temperatura del generador α_G	0,25 $\%/^{\circ}\text{C}$	
coeficiente intensidad-temperatura del generador β_G	-5,44 $\%/^{\circ}\text{C}$	

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Dimensionamiento del sistema de acumulación

La función de la batería de acumuladores en un sistema aislado de la red es proporcionar energía eléctrica durante la noche y durante aquellos días de nula o muy baja insolación. Por

lo tanto, el criterio básico para calcular la capacidad de este sistema de acumulación es que tiene que garantizar el suministro de las necesidades de energía eléctrica diaria durante un número de días de autonomía fijados de antemano, con esto se puede establecer que el número de días de autonomía depende del lugar y tipo de instalación. (Herranz, 2010)

Calculo de valor consumo medio diario (Ah/día)

Como la capacidad de una batería se expresa en Ah, hay que calcular el consumo medio diario de la instalación en Ah, dividiendo el valor de la energía diaria calculado con el inventario de consumos, entre la tensión nominal:

Ecuación 26.

Calculo de valor consumo medio diario (Ah/día)

$$Q_d = \frac{W_d}{U_n} = \frac{66.111,11 \text{ (Wh/día)}}{230 \text{ V}} = 287,40 \frac{\text{Ah}}{\text{día}}$$

$$Q_d = \text{Consumo medio diario} \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right)$$

$$W_d = \text{energía media diaria (Wh/día)}.$$

$$U_n = \text{tensión nominal del sistema de acumulación (V)}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

La capacidad total del sistema de acumulación se calcula con la expresión:

Previamente se estableció que el sistema deberá tener 2 días (A) de autonomía, su profundidad de descarga de las baterías 60%, el rendimiento del inversor debe ser del 98%, y el rendimiento de las baterías y el regulador debe encontrarse en el 90%.

Ecuación 27.

Calculo capacidad total del sistema de acumulación

$$C_n = \frac{Q_d * A}{PD_{max} * \eta_{inv} * \eta_{rb}} = \frac{287,40 \frac{Ah}{día} * 2 \text{ días}}{0,6 * 0,98 * 0,9} = 1.086,3 \text{ Ah}$$

C_n = capacidad de la batería de acumuladores para descarga en 20 horas (Ah)

$$Q_d = \text{consumo medio diario} \left(\frac{Ah}{día} \right)$$

A = días de autonomía del sistema (días).

PD_{max} = profundidad de descarga máxima. En tanto por uno

η_{inv} = rendimiento del inversor. En tanto por uno

η_{rb} = rendimiento del conjunto batería y regulador de carga. En tanto por uno.

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Verificación de la condición de la capacidad de los acumuladores o baterías

Capacidad del sistema de acumulación no excederá en 25 veces la corriente de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico

Ecuación 28.

Calculo Verificación de la condición de la capacidad de los acumuladores

$$C_n < 25 * I_{G_{sc}} \Rightarrow 1.086,3 \text{ Ah} < 25 * 45,7 \Rightarrow 1.086,32 \text{ Ah} < 1142,5 \text{ Ah}$$

C_n = capacidad de la batería de acumuladores para descarga en 20 horas (Ah)

$I_{G_{sc}}$ = Intensidad de cortocircuito del generador

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Calculo por perdida de temperatura

Las bajas temperaturas influyen negativamente sobre la capacidad nominal de una batería de acumuladores, que el fabricante da para una temperatura ambiente de 20 °C. Se estima que dicha capacidad disminuye aproximadamente un 1% por cada grado que disminuye la

temperatura sobre 20 °C. El valor real de la capacidad de una batería de acumuladores para una temperatura inferior a 20 °C se puede calcular mediante la expresión:

Ecuación 29.

Calculo por perdida de temperatura

$$C_{n'} = \frac{C_n}{1 - \frac{\Delta T}{160}} = \frac{1.086,3 \text{ Ah}}{1 - \frac{(14,8 - 20)}{160}} = 1.122,81 \text{ Ah}$$

$C_{n'}$ = capacidad nominal para la temperatura T inferior a 20 °C (Ah).

C_n = capacidad nominal del sistema de acumulación a 20 °C (Ah).

ΔT = diferencia de temperatura respecto de 20 °C. Se calcula con AT

$$= |T - 20|$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Tiempo de uso diario

Tiempo de uso diario (t_d) lo sacamos del inventario de consumo

Ecuación 30.

Calculo de Tiempo de uso diario

$$t_d = \frac{W_d}{P} = \frac{66.111,11 \left(\frac{Wh}{\text{día}}\right)}{15.373,72 \text{ w}} = 4,3 \text{ Horas}$$

W_d = energía media diaria $\left(\frac{Wh}{\text{día}}\right)$.

$P (P_n)$ = Valor potencia aparente (W)

t_d = Tiempo de uso diario (t_d)

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Periodo de autonomía

Tiempo final del periodo de autonomía según

Ecuación 31.

Tiempo final del periodo de autonomía

$$T_a = \frac{A * t_d}{PD_{max}} = \frac{2 \text{ días} * 4,3 \text{ Horas}}{0,6} = 14,33 \text{ horas}$$

$A =$ días de autonomía del sistema (días).

$t_d =$ Tiempo de uso diario (t_d)

$PD_{max} =$ profundidad de descarga máxima. En tanto por uno

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Selección del tipo, carga, amperaje de la batería.

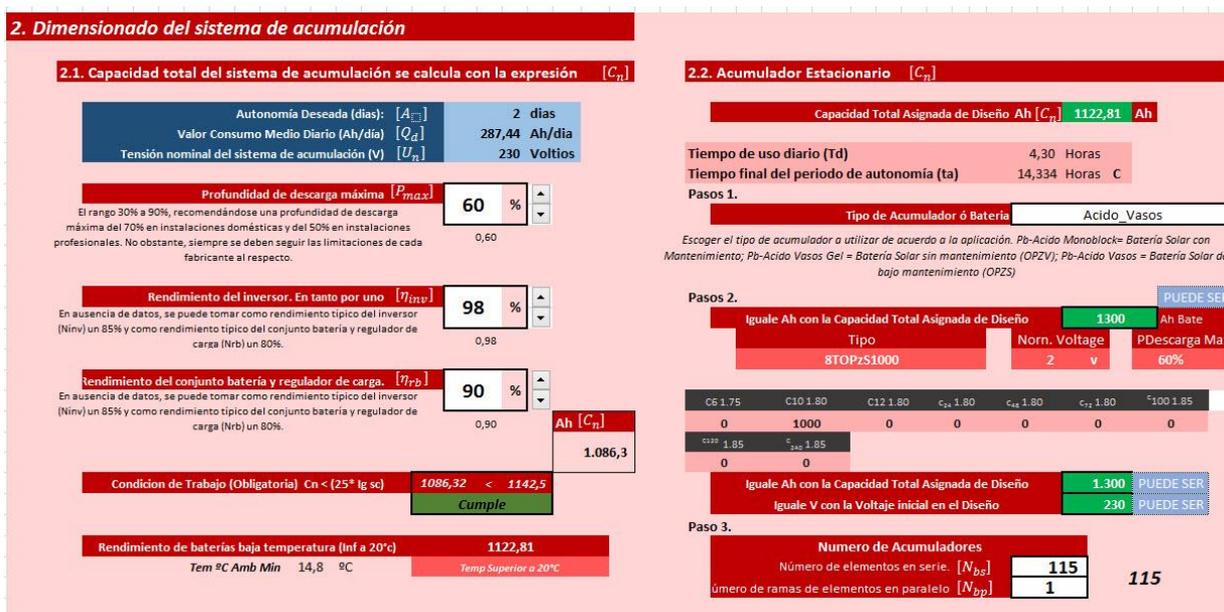
La capacidad total de la batería o acumulador se forma con un único circuito en serie hasta alcanzar la tensión nominal, U_n de 230 V; y potencia de 1122,8 Ah, por tal motivo se maneja un único circuito en serie que garantice el equilibrio de las baterías en total reposo, de lo contrario al manejar circuitos en paralelo la conexión se crean circuitos en desequilibrio debido a las diferencias de las baterías³, y estas corrientes actúan continuamente con la inexistencia de consumo; siendo esta la razón de aceleración del proceso de degradación de la batería. En la **Imagen 29**.

Dimensionamiento del acumulador bajo las condiciones iniciales, se presentan las valoraciones del diseño, y la selección de un tipo de acumulador estacionario; en el requerimiento se ha seleccionado el tipo de batería 8TOPzS Solar 1000, con la capacidad de voltaje de 2 v, con un amperaje de 1300 Ah y una capacidad de descarga del fabricante

³ Las imperfecciones intrínsecas de los materiales, las pequeñas variaciones en la fabricación, además de los diferentes factores físicos que afectan a las baterías, hacen que no haya 2 baterías iguales. (Monsolar, No conectar baterías en paralelo, 207)

recomendado del 50%, el número de elementos a conectar en serie es ciento quince (115) en una sola serie o una (1) rama, para un total de 115 baterías.

Imagen 29.
 Dimensionamiento del acumulador bajo las condiciones iniciales



2. Dimensionado del sistema de acumulación

2.1. Capacidad total del sistema de acumulación se calcula con la expresión $[C_n]$

Autonomía Deseada (días): $[A_{-}]$ 2 días
 Valor Consumo Medio Diario (Ah/día) $[Q_d]$ 287,44 Ah/día
 Tensión nominal del sistema de acumulación (V) $[U_n]$ 230 Voltios

Profundidad de descarga máxima $[P_{m,d,s}]$ 60 %
 El rango 30% a 90%, recomendándose una profundidad de descarga máxima del 70% en instalaciones domésticas y del 50% en instalaciones profesionales. No obstante, siempre se deben seguir las limitaciones de cada fabricante al respecto.

Rendimiento del inversor. En tanto por uno $[\eta_{inv}]$ 98 %
 En ausencia de datos, se puede tomar como rendimiento típico del inversor (Ninv) un 85% y como rendimiento típico del conjunto batería y regulador de carga (Nrb) un 80%.

Rendimiento del conjunto batería y regulador de carga. $[\eta_{rb}]$ 90 %
 En ausencia de datos, se puede tomar como rendimiento típico del inversor (Ninv) un 85% y como rendimiento típico del conjunto batería y regulador de carga (Nrb) un 80%.

Condición de Trabajo (Obligatoria) $C_n < (25^{\circ} \text{lg sc})$ 1086,32 < 1142,5
Cumple

Rendimiento de baterías baja temperatura (Inf a 20°C) 1122,81
 Tem °C Amb Min 14,8 °C Temp Superior a 20°C

Ah $[C_n]$
 1.086,3

2.2. Acumulador Estacionario $[C_n]$

Capacidad Total Asignada de Diseño Ah $[C_n]$ 1122,81 Ah

Tiempo de uso diario (Td) 4,30 Horas
 Tiempo final del periodo de autonomía (ta) 14,334 Horas C

Pasos 1.
 Tipo de Acumulador ó Batería Acido_Vasos
 Escoger el tipo de acumulador a utilizar de acuerdo a la aplicación. Pb-Acido Monoblock= Batería Solar con Mantenimiento; Pb-Acido Vasos Gel = Batería Solar sin mantenimiento (OPZV); Pb-Acido Vasos = Batería Solar de bajo mantenimiento (OPZS)

Pasos 2.
 Igual Ah con la Capacidad Total Asignada de Diseño 1.300 Ah Bate
 Tipo STOPZS1000
 Norm. Voltage 2 v
 PDescarga Max 60%
 PUEDE SER

C6 1.75	C10 1.80	C12 1.80	C15 1.80	C20 1.80	C25 1.80	C100 1.85
0	1000	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Igual Ah con la Capacidad Total Asignada de Diseño 1.300 PUEDE SER
 Igual V con la Voltaje inicial en el Diseño 230 PUEDE SER

Paso 3.
 Numero de Acumuladores
 Número de elementos en serie. $[N_{ds}]$ 115
 Número de ramas de elementos en paralelo $[N_{dp}]$ 1 115

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Los datos iniciales de autonomía, valor consumo medio diario y tensión del acumulador; son elementos de partida para el cálculo de las baterías, e igualmente se debe establecer la profundidad de descarga que no debe superar la expuesta por el fabricante. Se debe tener establecido el rendimiento del inversor, regulador de carga y como el rendimiento de todo el conjunto electrónico; otro parámetro importante, que no se debe dejar atrás, es la temperatura como a condición de trabajo de las baterías; con ella, puede aumentar o disminuir la capacidad de carga en Ah del acumulador y podría hacer que variar significativamente nuestra elección de la batería.

Para la selección de la batería requerida en el SFTV, se debe tener claro la capacidad total asignada de Ah $[C_n]$; que debe igualarse o superarse a la elección de la batería; en el paso 2,

se puede observar que la batería seleccionada supera el Ah con respecto al diseño, por lo tanto es aceptable a las condiciones establecidas en el cálculo, igualmente se determina cuántas baterías deben ser puestas en serie para alcanzar la tensión designada por el sistema.

Dimensionamiento del inversor de trabajo

Para seleccionar el inversor más apropiado para un sistema fotovoltaico autónomo, hay que determinar su tensión nominal de entrada y su potencia nominal.

La tensión nominal de entrada tiene que coincidir con la tensión nominal del sistema de acumulación, U_n .

La potencia nominal del inversor se calcula con la suma de todas las potencias de los receptores que puedan funcionar de forma simultánea. Para determinar esta potencia se debe trabajar con los valores de potencia aparente de los receptores. Si hay algún receptor que necesite una corriente de arranque se debe comprobar que la potencia máxima durante el tiempo necesario para el arranque la admite el inversor. Esta información se debe recoger cuando se realiza el inventario de consumos.

Por lo tanto, la tensión nominal de entrada del inversor es igual a la tensión nominal del sistema de acumulación $[U_n] = 230 \text{ V}$.

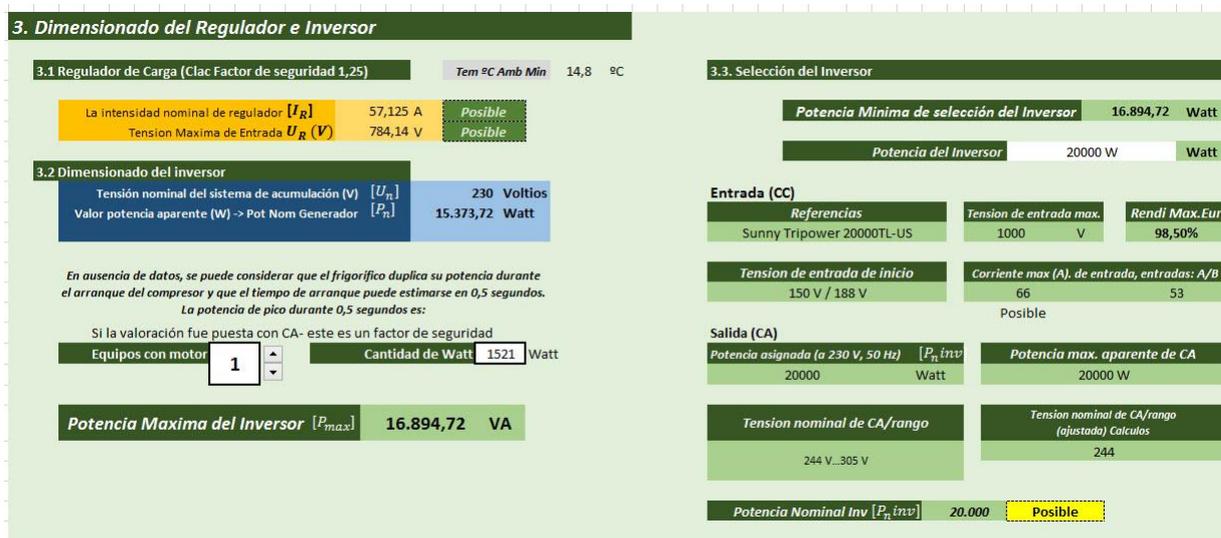
La potencia nominal del inversor se obtiene de la potencia máxima simultánea del inventario de consumos expresada como potencia aparente: $[P_n] = 15.373,72 \text{ watt}$

Como previamente se había calculado los equipos con motor, la potencia del mismo se agrupa en el valor de 1521 watt con un pico de consumo de 0,5 seg, que al ser sumado a al valor de la potencia aparente, Potencia Máxima del Inversor $[P_{max}] = 16.894,72 \text{ VA}$.

En la **Imagen 30. Relación de diseño y cálculo del inversor**, se puede observar algunas de las especificaciones técnicas del inversor seleccionado, e igualmente las cargas de entrada

y salida del mismo.

Imagen 30. Relación de diseño y cálculo del inversor



Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Con esta información, se realiza la selección de un inversor que presente esta potencia o superior a ella, para el diseño el único que cumple esta condición es el inversor de 20.000 watt, de referencia Sunny Tripower 20000TL-US, con na tensión de entrada hasta los 1000v, y una corriente máxima admisible de 66 A y con tensiones nominales de CA de 244v a 305V. En el Anexo 7. Ficha Técnica de Inversor de carga SUNNY TRIPOWER, se pueden observar las especificaciones técnicas del producto relacionado

Dimensionamiento de cables

Para poder establecer el correcto dimensionamiento de un conductor eléctrico de media y baja tensión, es necesario determinar condiciones tales como el calentamiento y la caída de tensión siendo norma en cualquier conductor, es importante que el cálculo realizado cumpla tres condiciones:

1. Establecer la máxima caída de tensión. La circulación de corriente por los conductores de una línea eléctrica ocasiona una caída de tensión que debe ser inferior o igual al 1,5%, pero en relaciones óptimas puede alcanzar el 3% en la sumatoria total del circuito con el fin de garantizar el funcionamiento correcto de los receptores alimentados por la línea.
2. Calentamiento del conductor a la intensidad máxima admisible. En el momento que circula corriente, esta produce calentamiento debido al paso de electrones en un área de sección muy pequeña por medio de la resistencia ejercida del material conductor; es decir la transformación en calor es el reflejo de la energía perdida a por causa de la resistencia eléctrica de los conductores. Las temperaturas a alcanzar estos conductores, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible por los materiales que los aíslan. Esta temperatura es de 70 °C para aislamientos termoplásticos y de 90 °C para aislamientos termoestables.
3. Intensidad de cortocircuito. La temperatura que pueden alcanzar los conductores de una línea eléctrica, como consecuencia de un cortocircuito o de una sobre intensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible especificada en las normas particulares de los cables.

Conductores de Corriente Continua.

Los conductores de corriente continua deben estar homologados bajo las especificaciones técnicas de AENOR EA 0038, la Norma UNE España, de tal forma que estos cumplan con las siguientes características:

- Cables que deben soportar condiciones adversas con una frecuencia de uso prolongada.
- Deben ser Unipolares
- Resistencia a la tensión de 1,8 kV DC.
- Resistencia a temperaturas externas
- Resistentes a la intemperie: ozono, rayos UV y absorción de agua.
- Cables de alta seguridad (AS): libres de halógenos, que no propaguen llama ni fuego, con baja emisión de humos y gases corrosivos.

Los conductores serán de cobre y se calcularán siguiendo los criterios de máxima intensidad admisible por el cable o la máxima caída de tensión permisible en el cable; se elegirá el punto más crítico que satisfaga la condición que la caída de tensión en el tramo, se recuerda que este debe ser inferior a 1,5 %.

- Manejo del código de colores:
- Polo positivo: de color rojo.
- Polo negativo: de color negro.
- Protección: de color amarillo-verde.

Determinación de los tramos de estudio:

- Tramo uno (1) desde la salida de los paneles solares (rama del generador) hasta, la caja de conexión de cada sub generador.

- Tramo dos (2) desde la caja de conexión sub generador hasta el inversor.
- Tramo tres (3) desde el inversor hasta la caja de conexión de los acumuladores o baterías.
- Tramo cuatro (4) desde el inversor hasta la caja de totalizadores de CA presentes en la edificación.

Los cables recomendados a emplear serán Exzhellent Solar.

Para mayor información de especificaciones técnicas, tensión y demás datos de interés por favor remitirse al Anexo 9. Cable de Baja Tensión EXZHELLENT Solar ZZ-F.

Tipo o método de instalación. En el tramo 1, se utilizará canaleta cerrada, en el tramo 2, 3 y 4 tubo metálico flexible. Todos encajan con el método de instalación B1 (tabla 4.7). Anexo 10. Métodos de instalación de referencia (TopCable, 2017) y Anexo 8. Factores de corrección en intensidades admisibles en conductores para instalaciones aéreas y cerradas.

Imagen 31.

Cables recomendados a emplear serán Exzhellent Solar



Recuperado en (Selenova, 2017)

Tipo de cable. En todos los tramos se utilizarán cables con aislamiento termoestable para una temperatura de servicio de 90 °C. En los tramos 1 y 2, se elige cable tipo Exzhellent-Solar, ZZ-F (AS) de General Cable. En los tramos 3 y 4 elige cable RZ1-K (AS).

Recopilación de datos

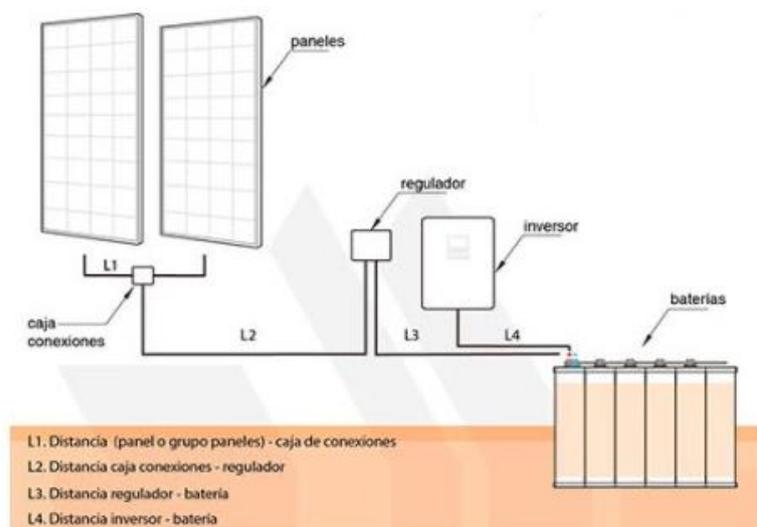
La información necesaria para el dimensionamiento de los cables, debe ser los datos de potencia, tensión y longitud de cada tramo de la instalación, en la **Imagen 32**.

Recorrido de los conductores en ISFTV con un regulador de carga y **Imagen 33**.

Recorrido de los conductores en ISFTV SIN un regulador de carga, ejemplo que se desarrolla en este documento; se puede observar el recorrido de los conductores dentro de las posibles instalaciones solares fotovoltaicas y sus correspondientes secciones de tensión y carga.

Imagen 32.

Recorrido de los conductores en ISFTV con un regulador de carga



Recuperado el 7 de septiembre 2017. (Monsolar, No conectar baterías en paralelo, 207)

Los tramos de línea característicos de una instalación de este tipo en la **Imagen 32**.

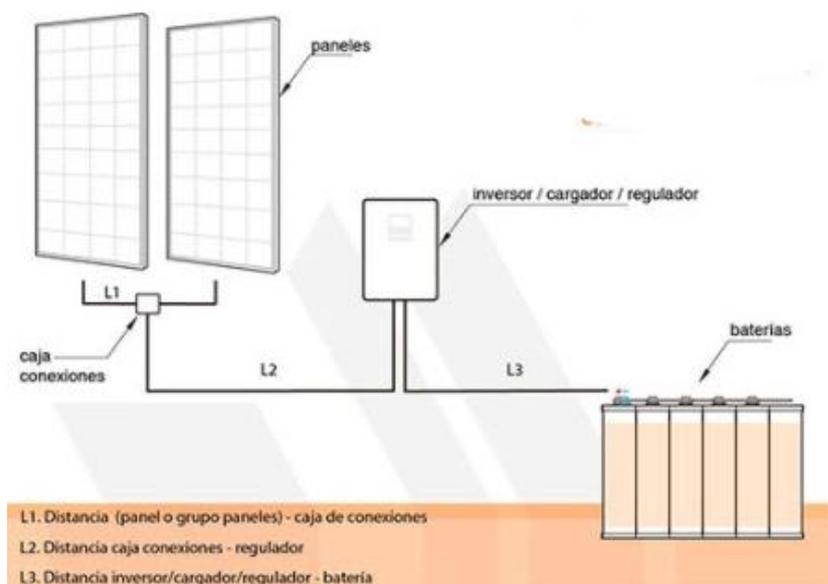
Recorrido de los conductores en ISFTV con un regulador de carga. Conexión de los módulos conectados en serie de cada cadena a la caja de conexiones del generador fotovoltaico L1

- Conexión de la caja de conexiones del generador fotovoltaico al regulador de carga (L2)

- Conexión del regulador de carga con la batería de acumuladores (L3)
- Conexión con la batería de acumuladores y el inversor (L4).
- Conexión del inversor con la caja general de mando y protección de la instalación de utilización (L5).

Imagen 33.

Recorrido de los conductores en ISFTV SIN un regulador de carga



Recuperado el 7 de septiembre 2017 (Monsolar, No conectar baterías en paralelo, 207)

Los tramos de línea característicos de una instalación de este tipo en la **Imagen 33**.

Recorrido de los conductores en ISFTV SIN un regulador de carga. Caso de estudio aplicado se observa.

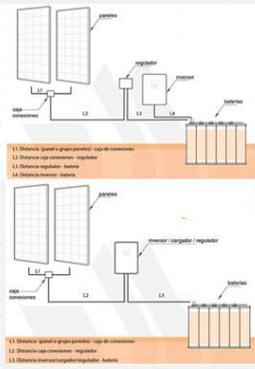
- Conexión de los módulos conectados en serie de cada cadena a la caja de conexiones del generador fotovoltaico L1
- Conexión de la caja de conexiones del generador fotovoltaico al inversor que hace funciones de cargador y regulador de carga (L2)
- Conexión del regulador del inversor con la batería de acumuladores (L3)
- Conexión del inversor con la caja general de mando y protección de la instalación de

utilización (L4).

Por tal motivo se hace la siguiente relación de cargas, tensiones, y voltajes de trabajo que deben soportar los conductores de la instalación solar, en la **Imagen 34**. Relación de cargas para dimensionamiento de conductores, se plantea los correspondientes tramos de la instalación solar, con las temperaturas de trabajo de los conductores, sus voltajes de trabajo, su relación en amperaje. Para ello se establece las caídas de tensión por cada tramo, se recalcula la caída de tensión de cada tramos contemplado en redes monofásicas y redes trifásicas, la resistencia del conductor y sus máximas condiciones de temperatura atmosférica de trabajo propuesta para 50°C, al final de la misma imagen se propone la cantidad y el amperaje de los fusibles para tramo de la instalación.

Imagen 34. Relación de cargas para dimensionamiento de conductores

4. Dimensionado del Cables



Tramo 1 - Panel
Longitud: 15 m | Calentamiento: 50 °C
 $V_{oc}(V)$: 46,1 V
 $I_{sc}(A)$: 9,14 A
 $I_{Tramo 1}$: 11,43 A

Tramo 2 - Paneles, Inversor
Longitud: 20 m | Calentamiento: 50 °C
 $U_{Goc}(V)$: 776,2 V
 $I_{Gsc}(A)$: 45,7 A
 $I_{Tramo 2}$: 57,13 A

Tramo 3 - Inversor, Baterías
Longitud: 12 m | Calentamiento: 50 °C
 $U_{Ica}(V)$: 244,0 V
 I_{Ica} : 24 A
 $I_{Tramo 3}$: 30,00 A

Tramo 4 - Inversor, Red Distribución
Longitud: 25 m | Calentamiento: 50 °C
 $U_{Ica}(V)$: 244,0 V
 $I_{inv cc}$: 24,00 A
 $I_{Tramo 4}$: 30,00 A

Tramo 5
Longitud: m | Calentamiento: 50 °C
 $U_{Goc}(V)$: V
 $I_{inv ca}$: A
 $I_{Tramo 5}$: 0,00 A

4.2. Cálculo por caída de tensión: (En función de Potencia)

	Monofasica	Trifasica
Tramo de línea 1:	1,15 mm2	0,573 mm2
Tramo de línea 2:	0,02 mm2	0,01 mm2
Tramo de línea 3:	0,11 mm2	0,05 mm2
Tramo de línea 4:	0,11 mm2	0,05 mm2
Tramo de línea 5:	#DIV/0!	#DIV/0!

	Monofasica	Trifasica
Tramo de línea 1:	14 AWG	14 AWG
Tramo de línea 2:	14 AWG	14 AWG
Tramo de línea 3:	14 AWG	14 AWG
Tramo de línea 4:	14 AWG	14 AWG
Tramo de línea 5:	#### AWG	##### AWG

4.3. Cálculo por Resistencia del Conductor

	Alambre
Tramo de línea 1:	14 AWG / kmil
Tramo de línea 2:	4 AWG / kmil
Tramo de línea 3:	8 AWG / kmil
Tramo de línea 4:	8 AWG / kmil
Tramo de línea 5:	#N/A AWG / kmil

4.4. Cálculo por Condiciones Atmosféricas
Factores de corrección (Fc) por temperatura del tramo

	FC	PVC	XLPE, EPR	Circuito	Fcalent
Tramo de línea 1:	50 °C	0,82	0,89	6 Unds	0,55
Tramo de línea 2:	50 °C	0,82	0,89	1 Unds	1
Tramo de línea 3:	50 °C	0,82	0,89	1 Unds	1
Tramo de línea 4:	50 °C	0,82	0,89	1 Unds	1
Tramo de línea 5:	50 °C	0,82	0,89	1 Unds	1

	PVC	XLPE, EPR	Alambre
Tramo de línea 1:	25,33 A	23,34 A	12 AWG / kmil
Tramo de línea 2:	89,86 A	64,19 A	6 AWG / kmil
Tramo de línea 3:	36,59 A	33,71 A	10 AWG / kmil
Tramo de línea 4:	36,59 A	33,71 A	10 AWG / kmil
Tramo de línea 5:	0,00 A	0,00 A	#N/A AWG / kmil

Máxima caída de tensión permitida 1,5%

Trayectoria de corriente más desfavorable: 72 m

4.1. Caída de tensión por unidad de longitud [ΔU_{ca}]: 0,02 %/m

Reparto de caídas de tensión proporcionales a la longitud de cada tramo de línea

Tramo de línea 1:	0,313
Tramo de línea 2:	0,417
Tramo de línea 3:	0,250
Tramo de línea 4:	0,521
Tramo de línea 5:	0,000

Nota: *Caída de tensiones de los tramos 1 al 5 No superior al 1,5%*

4.5. Comparativo y definición del alambre o Cable

	Caída de Tensión		Resistencia del Conductor	Condiciones Atmosféricas	Sección Comercial Elegida
	Monofasica	Trifasica			
Tramo de línea 1:	14 AWG	14 AWG	14 AWG	12 AWG	12 AWG
Tramo de línea 2:	14 AWG	14 AWG	4 AWG	6 AWG	4 AWG
Tramo de línea 3:	14 AWG	14 AWG	8 AWG	10 AWG	8 AWG
Tramo de línea 4:	14 AWG	14 AWG	8 AWG	10 AWG	8 AWG
Tramo de línea 5:	#DIV/0! AWG	#DIV/0! AWG	#N/A AWG	#N/A AWG	##### AWG

5. Protección - Fusibles

Porcentaje de Fusible de Seguridad: 40%

Tramo de línea 1:	14,28 A	6	20 A	Fusible a USAR
Tramo de línea 2:	71,41 A	29	100 A	Fusible a USAR
Tramo de línea 3:	37,50 A	15	53 A	Fusible a USAR
Tramo de línea 4:	37,50 A	15	53 A	Fusible a USAR
Tramo de línea 5:	0,00 A	0	0 A	Fusible a USAR

Las corrientes a considerar en cada tramo de línea son:

En el tramo 1, la intensidad de cortocircuito de un módulo fotovoltaico en condiciones CEM. Es un circuito de c.c. $I_{sc}(A)$ **9,14 A** - $V_{oc}(V)$ **46,1 V**

En los tramos 2, la corriente a considerar es la intensidad de cortocircuito del generador fotovoltaico en condiciones CEM. Son circuitos de c.c. $I_{Gsc}(A)$ **45,7 A** - $U_{Goc}(V)$ **776,2 V**

En el tramo 3, la corriente de entrada del inversor para su potencia nominal y la tensión nominal del sistema de acumulación. Es un circuito de c.c. $I_{Ica}(A)$ **24 A** - $U_R(V)$ **230 V**

En el tramo 4, la corriente de salida del inversor para su potencia nominal y la tensión

nominal de utilización. Es un circuito de c.a. $I_{inv\ cc} (A) 24 A - U_n (V) 230 V$

En todos los tramos anteriores, 1 a 4, se debe multiplicar el valor de la intensidad considerado por 1,25 en cumplimiento de la instrucción ITC BT 40 que se refiere a las instalaciones generadoras de baja tensión, en el apartado 5 de dicha instrucción dice «los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador». (Orbegozo & Arivilca, 2010)

Tramo de línea 1, conexionado de los módulos. Intensidad de cortocircuito de un módulo en condiciones CEM $I_{sc} (A) = 9,14 A$.

Ecuación 32.

Cálculo de corriente en el tramo L1

Aplicando el coeficiente 1,25: $L1 = 1,25 * 4,65 = 11,425 A$. Longitud el tramo L1 = 15m.

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Tramo de línea 2, conexionado del generador fotovoltaico al inversor. Intensidad de cortocircuito del generador fotovoltaico en condiciones $I_{G\ sc} (A) 45,7 A$.

Ecuación 33.

Cálculo de corriente en el tramo L2

Aplicando el coeficiente 1,25: $L2 = 1,25 * 45,7 A = 57,12 A$. Longitud del tramo: L2 = 20 m.

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Tramo de línea 3, conexionado del inversor al sistema de acumulación. Intensidad de cortocircuito del inversor $I_{G\ sc} (A) 24 A$.

Ecuación 34.

Cálculo de corriente en el tramo L3

*Aplicando el coeficiente 1,25: $L3 = 1,25 * 24 A = 30 A$. Longitud del tramo: $L3 = 12 m$.*

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Tramo de línea 4, conexasión de la salida del inversor al sistema de utilización o red interna. Intensidad de cortocircuito del inversor $I_{Gsc}(A) 24 A$.

Ecuación 35.

Cálculo de corriente en el tramo L4

*Aplicando el coeficiente 1,25: $L3 = 1,25 * 24 A = 30 A$. Longitud del tramo: $L3 = 25 m$.*

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Máxima caída de tensión permitida

Es de aplicación la instrucción ITC BT 40 que se refiere a las instalaciones generadoras de baja tensión, el apartado 5 de dicha instrucción dice «los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5 %, para la intensidad nominal». Es decir, desde el generador fotovoltaico hasta la caja general de mando y protección de la instalación de utilización, que correspondería a los tramos 1 a 4 de la Recuperado el 7 de septiembre 2017, la caída de tensión no será superior al 1,5%. Esta caída de tensión se debe repartir entre la parte de instalación en c.c. y la parte de instalación en c.a. teniendo en cuenta las trayectorias de la corriente.

Se hace el reparto del 1,5 % de caída de tensión máxima entre los tramos de línea 1 al 4 o al 5 según sea el caso. Se aplica el criterio de asignar mayor porcentaje a los tramos de mayor corriente, proporcionalmente a su longitud, quedando así:

Caída de tensión por unidad de longitud:

Ecuación 36.
Caída de tensión

$$\Delta U_u = \frac{\Delta U_{\%}}{l_t} = \frac{1,5}{72 \text{ m}} = 0,0208 \% / \text{m}$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Reparto de caídas de tensión proporcionales a la longitud de cada tramo de línea:

Ecuación 37.
Ecuaciones de caída de tensión por cada tramo

$$\text{Tramo de línea 1: } \Delta U_{\%1} = \Delta U_u * l_1 = 0,0208 * 15 = 0,313 \%$$

$$\text{Tramo de línea 2: } \Delta U_{\%1} = \Delta U_u * l_2 = 0,0208 * 20 = 0,417 \%$$

$$\text{Tramo de línea 3: } \Delta U_{\%1} = \Delta U_u * l_3 = 0,0208 * 12 = 0,250 \%$$

$$\text{Tramo de línea 4: } \Delta U_{\%1} = \Delta U_u * l_4 = 0,0208 * 25 = 0,521 \%$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Comprobación de la caída total de la trayectoria más desfavorable:

Ecuación 38.
Comprobación de la caída total de la trayectoria más desfavorable

$$\Delta U_{\%Total} = \Delta U_{\%1} + \Delta U_{\%2} + \Delta U_{\%3} + \Delta U_{\%4} = 0,313 + 0,417 + 0,250 + 0,521 = 1,5$$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Cálculo por caída de tensión en función de Potencia para determinar la sección:

Ecuación 39.
Fórmula para Tramo de líneas Monofásicas

Tramo de línea Monofásicas

$$S_1 = \frac{200 * l * P}{\Delta U_{\%} * U^2 * \gamma_{\theta}}$$

S_1 = sección del conductor (mm²)

l = longitud de la línea (m)

P = potencia activa transportada por la línea (W)

$\Delta U_{\%}$ = caída de tensión máxima permitida en porcentaje de la tensión de la línea (V)

U^2 = tensión de la línea (400 V en trifásica, 230 V en monofásica y 12 ó 24 V en c. c.)(V)

γ_{θ} = conductividad del conductor a la temperatura de servicio θ prevista $\left(s \frac{m}{mm^2}\right)$ *

*La conductividad del conductor se debe a tomar a la temperatura de servicio del cable que,

para el caso habitual de aislamiento termoestable, a 90 °C es $\gamma_{90} = 45 \text{ s m/mm}^2$

Recuperado del libro (Herranz, 2010)

Ecuación 40.

Cálculo para Tramos de líneas Monofásicas

Tramo de línea Monofásicas

Tramo línea 1.

$$S_1 = \frac{200 * l * P}{\Delta U_{\%} * U^2 * \gamma_{\theta}} = \frac{200 * 15m * 11,425A}{0,313 * 46,1^2 * 45_{90}} = 1,15 \text{ mm}^2$$

Tramo línea 2.

$$S_2 = \frac{200 * l * P}{\Delta U_{\%} * U^2 * \gamma_{\theta}} = \frac{200 * 20m * 57,13A}{0,417 * 776,2^2 * 45_{90}} = 0,020 \text{ mm}^2$$

Tramo línea 3.

$$S_3 = \frac{200 * l * P}{\Delta U_{\%} * U^2 * \gamma_{\theta}} = \frac{200 * 12m * 30A}{0,250 * 230^2 * 45_{90}} = 0,120 \text{ mm}^2$$

Tramo línea 4.

$$S_3 = \frac{200 * l * P}{\Delta U_{\%} * U^2 * \gamma_{\theta}} = \frac{200 * 25m * 30A}{0,521 * 230^2 * 45_{90}} = 0,120 \text{ mm}^2$$

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Calibre comerciales de alambre

Ecuación 41.

Determinación de la sección y el calibre del cable de cobre función tensión

$$S_1 = 1,15 \text{ mm}^2 \rightarrow 14 \text{ AWG}$$

$$S_2 = 0,020 \text{ mm}^2 \rightarrow 14 \text{ AWG}$$

$$S_3 = 0,120 \text{ mm}^2 \rightarrow 14 \text{ AWG}$$

$$S_4 = 0,120 \text{ mm}^2 \rightarrow 14 \text{ AWG}$$

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Cálculo por calentamiento

Se utiliza el dato de intensidad de cada tramo multiplicado por el coeficiente 1,25 según la ITC BT 40. En los tramos donde se utiliza la potencia como dato, tramos 3 y 4 de entrada y salida del inversor, se calcula la intensidad y se le aplica el mismo coeficiente.

Ecuación 42.

Cálculos por Calentamiento para cada tramo de trabajo

$$\text{Factor de Calentamiento } T_1 = 1,25 * I_1 = 1,25 * 11,43A = 14,28A$$

$$\text{Factor de Calentamiento } T_2 = 1,25 * I_2 = 1,25 * 57,12A = 71,41A$$

$$\text{Factor de Calentamiento } T_3 = 1,25 * I_3 = 1,25 * 30 A = 37,5A$$

$$\text{Factor de Calentamiento } T_4 = 1,25 * I_4 = 1,25 * 30 A = 37,5A$$

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Factores de corrección

Solo se considera que en los tramos 1 y 2, la temperatura ambiente puede alcanzar 50 °C, para ello se el Anexo 8. Factores de corrección en intensidades admisibles en conductores para instalaciones aéreas y cerradas, en la tabla 4.8 se aplica el factor de corrección 0,89 a las intensidades I_1 y I_2 .

En el tramo 1, de conexionado de los módulos fotovoltaicos, hay cinco (5) circuitos dentro del mismo conducto. Consultando la tabla 4.9, punto 1, se obtiene un factor de corrección de 0,55 que hay que aplicar a la intensidad de del cable.

Ecuación 43.

Cálculo de intensidades por calentamiento

Tramo de línea 1

$$I_1 = \frac{I_1}{F_{Temp} * F_{Agrupamiento}} = \frac{11,43 A}{0,89 * 0,55} = 23,35 A$$

Tramo de línea 2

$$I_2 = \frac{I_2}{F_{Temp} * F_{Agrupamiento}} = \frac{57,13 A}{0,89 * 1} = 64,19 A$$

Tramo de línea 3

$$I_3 = \frac{I_3}{F_{Temp} * F_{Agrupamiento}} = \frac{30 A}{0,89 * 1} = 33,71 A$$

Tramo de línea 4

$$I_4 = \frac{I_4}{F_{Temp} * F_{Agrupamiento}} = \frac{30 A}{0,89 * 1} = 33,71 A$$

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Determinación de la sección

Con las intensidades de cada tramo corregidas, para el método de instalación B1 y siendo todos los circuitos bipolares con cables con conductor de cobre y aislamiento termoestable (XLPE2) se determinan las secciones utilizando la tabla 4.6. En la columna 10 de dicha tabla obtenemos:

Ecuación 44.

Determinación de la sección y el calibre del cable de cobre en la función de Temperatura

$$I_1 = 23,35 \rightarrow S_1 = 2,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 12 \text{ AWG}$$

$$I_2 = 64,15 \rightarrow S_2 = 10 \text{ mm}^2 \rightarrow 6 \text{ AWG}$$

$$I_3 = 37,71 \rightarrow S_3 = 6 \text{ mm}^2 \rightarrow 10 \text{ AWG}$$

$$I_4 = 37,71 \rightarrow S_4 = 6 \text{ mm}^2 \rightarrow 10 \text{ AWG}$$

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Los resultados de las secciones calculadas por los dos métodos, caída de tensión y calentamiento, se comparan y se elige la mayor de cada caso:

Ecuación 45.

Selección del diámetro comercial del cable mínimas

	Caída de tensión	Condiciones Atmosféricas	Resistencia del Conductor	Selección Comercial
Tramo 1	14 AWG	12 AWG	14 AWG	12 AWG
Tramo 2	14 AWG	6 AWG	4 AWG	4 AWG
Tramo 3	14 AWG	10 AWG	8 AWG	8 AWG
Tramo 4	14 AWG	10 AWG	8 AWG	8 AWG

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Protecciones eléctricas

El conjunto de protecciones de una instalación fotovoltaica son los elementos necesarios para la detección y eliminación de problemas de sobre tensión y carga que puede presentar una ISFT, e igualmente sirve para la protección de personas y equipos.

a) Protección frente a sobrecargas: La sobrecarga se define como el exceso de intensidad en un circuito que causada por una demanda excesiva de suministro energético, esta puede causar daño en la instalación y a las personas. La característica principal es el calentamiento de los conductores a temperaturas no admisibles, provocando el deterioro de los mismos y de sus aislantes; esto lleva a una reducción de su vida útil. El no controlarla puede causar un cortocircuito y los elementos de protección son fusibles e interruptores magneto térmicos. Para efectos académicos se determina que las ramas del generador fotovoltaico se manejaran con fusibles e interruptores magnetotérmicos en el resto de tramos definidos.

b) Protección frente a sobretensiones causadas por caída de rayos, esta es de origen transitorio, por lo general se presenta sobre el generador fotovoltaico. Se protegerá la entrada de corriente continua del inversor por medio de dispositivos bipolares.

Cada Caja de Conexión estará ubicado en la cubierta, mientras que la Caja General de Conexión estará ubicada en el Cuarto de Equipos, ubicado en la primera planta, evidenciado en los Plano 5. Estructura Cubierta – Detalles, Plano 6. Cubierta general y conexión y Plano 7. Cubierta y conexión – Detalles

Se debe utilizar un factor de seguridad del 40% en toda la instalación, por lo tanto los tramos presentarían las siguientes condiciones de seguridad, asociadas al cálculo del fuible.

Ecuación 46.

Tabla de relación de fusibles o break

	Amperios de trabajo	Fusible a USAR
Tramo de línea 1:	14,28	20 Amp
Tramo de línea 2:	71,41	100 Amp
Tramo de línea 3:	37,50	55 Amp
Tramo de línea 4:	37,50	55 Amp

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Referencias de uso de fusibles

Para cada rama de paneles solares se establece que el break o fusible de seguridad debe ser de una capacidad de 20Amp, para el caso se ha seleccionado break de 10X38 de 20Amp para tensiones de 1000v.

Imagen 35.

Break - Fusible referencia 10X38



Recuperado en (Bussmann, 2017)

Para la conexión del tramo 2 que se compone de los generadores al inversor, se debe

utilizar un break de 100Amp de referencia NH1 con la capacidad de tensión de 1000v.

Imagen 36.
Fusibles NH1 para tensiones superiores a 500v



Recuperado en (Stock, 2017)

Para los tramos 3 y 4 inversor baterías e inversor tablero de distribución, se determina que deben usar break de 55Amp, de referencia NH1 referenciado anteriormente en la Recuperado en . Para mayores especificaciones técnicas de los productos se hace referencia al Anexo 11.

Fusibles y Break de Energía Solar

Sistema puesta a tierra

“Importancia del sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra es una parte básica de cualquier instalación eléctrica, y tiene como objetivo:

- *Limitar la tensión que presentan las masas metálicas respecto a tierra.*
- *Asegurar actuación de las protecciones.*
- *Eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material eléctrico utilizado.*

Existen principalmente dos tipos de protecciones que dependen de la puesta a tierra de

forma básica para su correcto funcionamiento, que son la protección contra sobretensiones transitorias (protección de equipos), y protección diferencial contra contactos indirectos (protección de personas).

Los efectos de las sobretensiones transitorias sobre una instalación se evitan mediante protectores contra sobretensiones transitorias (SPD). Éstos actúan derivando la energía de la sobretensión hacia la puesta a tierra, evitando así daños en equipos eléctricos y electrónicos.

La calidad de la protección contra sobretensiones está muy ligada al sistema de puesta a tierra, pues un camino de impedancia elevada puede exponer en mayor medida los equipos sensibles a los efectos de dicha sobretensión. Directamente, en caso de pérdida o inexistencia de la puesta a tierra, la protección contra sobretensiones pierde toda su eficacia.” (cirprotec, 2017)

Para el caso académico

Se ha seleccionado el mismo diámetro del conductor eléctrico desnudo en cada tramo, es decir del tramo estableciendo que para:

Tabla 23.
Diámetros de los conductores de puesta en tierra del sistema

	Diámetro en mm ²	Conductor desnudo a usar
Tramo de línea 1:	3,331	12 AWG
Tramo de línea 2:	21,15	4 AWG
Tramo de línea 3:	8,37	8 AWG
Tramo de línea 4:	8,37	8AWG

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Cajas de conexión y conectores fotovoltaicos

Las terminales que serán utilizadas en la conexión de paneles solares, cajas de conexión,

tableros de distribución y caja combinadora deben manejar calibres referentes a sus correspondientes tramos como se encuentra definido en la **Imagen 37**.

Conectores Fotovoltaicos de 4 mm; y se refleja en la Información creada por Autor , se hace igualmente referencia el Anexo 12. Referencias de conectores solares.

Imagen 37.
Conectores Fotovoltaicos de 4 mm



Información creada por Autor (H-Power, 2017)

Para las cajas de conexión de los generadores fotovoltaicos, presentarán resistencia a tensiones no inferiores a 1000v con márgenes de temperatura de -40°C a 80°C, estas serán porta diodos.

Estructura de soporte

La estructura de soporte es uno de los componentes de gran importancia en sistema, de los generadores fotovoltaicos, es la estructura funcional que soporta los generadores fotovoltaicos, esta tiene la propiedad de dotar la estructura del generador de una consistencia física y mecánica adecuada, está igualmente ayuda a dar orientación e inclinación a todo el generador según las condiciones de diseño.

La superficie útil para colocar la estructura del generador fotovoltaico, se encontrara en la cubierta del edificio sobre el techo de teja de fibrocemento.

Soporte sobre tejado o cubierta

El plano del generador se encontrara inclinado con respecto a la cubierta existente, por medio de rieles anexos al tejado se realiza el montaje correspondiente a los módulos fotovoltaicos, se deja una separación entre el tejado y los módulos de aproximadamente 10 cm, con ello se garantiza una correcta ventilación de los módulos, evacuación de calor y mejora el rendimiento de generación energética, la Recuperado en , se observa los diferentes tipos de soportes para paneles solares en cubiertas en planas y en cubiertas inclinadas.

Presupuesto y análisis económico de la instalación solar fotovoltaica.

Para el desarrollo del proyecto fotovoltaico se maneja como punto inicial el diseño fotovoltaico y es esta asociado a un presupuesto económico la base económica en la **Tabla 24**. Presupuesto de la Instalación Solar Fotovoltaica, muestra en detalle las diferentes codificaciones o ítems que relaciona el material con correspondiente referencia comercial, asociado a ello se refleja la cantidad de materiales y valores unitarios para el año 2017, esto con respecto a los proveedores de material eléctrico y solar presentes en la ciudad de Bogotá.

Luego de establecer este valor general de la instalación solar fotovoltaica que es de alrededor de \$338.493.984,97 trescientos treinta y ocho millones cuatrocientos noventa y tres mil novecientos ochenta y cuatro pesos. Al presentar este valor se debe generalizar unas condiciones globales que serán producto de un análisis económico de la tasa interna de retorno de la inversión en años y sus correspondientes flujos de caja, que se encuentran relacionadas en la **Imagen 39**.

Información base para el estudio de viabilidad económica.

Imagen 38.
Estructuras de soporte sobre tejados y superficies planas



Recuperado en (Monsolar, Estructuras placas solares, 2017)

Análisis económico de la instalación

Para el desarrollo de un análisis económico de una instalación fotovoltaica se deben tener aspectos legales, sociales, jurídicos, económicos e interdisciplinarios que generan una realidad económica muy cerca a las condiciones de mercado y pueden verse en años venideros; por tal motivo, se analizara básicamente los aspectos tales como:

- Información de cálculo general de la ISFT.
- Se proyecta el cálculo de información de egresos o salida de inversión del proyecto
- Se determina por medio de operaciones las entradas o ganancias del proyecto.
- Se realizar un flujo de caja para aspectos de amortización de préstamos y manejo de recursos NO propios, que se asocia a un factor de flujo de caja.

La información a valora por cada ítem analizado será:

Información de cálculo general de la ISFT:

- Se analiza la pérdida anual conforme a la eficiencia del generador fotovoltaico.
- Se calcula un aproximado de producción energética anual en un valor porcentual de declinación con respecto a la generación.
- Se establece la producción anual energética total del generador basado en el diseño.
- Se indaga en las entidades prestadoras del servicio energético para establecer los posibles índices de incremento del precio del kW a nivel nacional y regional y se calcula por factores de depreciación.
- Se toma como registro el valor de kW fotovoltaico del generador en asociación a los índices nacionales.

Salida de inversión del proyecto como un análisis propio del sistema se establece

parámetros de análisis como:

- Valor calculado del Mantenimiento de paneles fotovoltaicos y verificación correcta de tensiones y cargas del sistema a nivel anual.
- En caso de que la entidad, se encuentre con un préstamo bancario para realización de proyecto de determina las posibles cuotas bancarias operacionales por el tiempo del préstamo.
- Con ello se maneja los pagos adicionales por interés
- Y los costos de amortización del crédito e igualmente se incluye un porcentaje en el caso de ser solicitada una póliza de cumplimiento

Entradas económicas del proyecto

- Se establece un posible monto de ingreso por la venta de energía inyectada a la red y pagada al mismo precio que es comprada por la entidad, manejando un rublo que puede ser proyectado por medio de la ley 1715 del 2014, artículo art 8 *“Para el caso de los auto generadores a pequeña escala que utilicen FNCER, los excedentes que entreguen a la red de distribución se reconocerán, mediante un esquema de medición bidireccional, como créditos de energía, según las normas que la CREG defina para tal fin, las cuales se fundamentarán en los criterios establecidos en las Leyes 142 y 143 de 1994 para definir el régimen tarifario, específicamente, el criterio de suficiencia financiera”*
- Se utiliza para el manejo del desgravamen fiscal denominado IVA que serán exentos del mismo basado en el Art 12 de la misma ley citada anteriormente.

Flujo de caja

- Flujo de caja inicial, hace alusión a los montos de dinero que ingresarían o saldrían de las arcas del proyecto en la proyección del tiempo a nivel anual en caso de manejar financiamiento ó manejo de recurso propios.
- Periodo de entradas y salidas es el valor de la diferencia de lo que entra y sale de ingreso por parte del sistema.

La información establecida para el diseño del análisis económico parte en base a las siguientes condiciones mostradas en la **Tabla 25**.

Detalle análisis financiero de la ISFTV en el periodo del 1 al 15 (años) y en la **Tabla 26**.

Detalle análisis financiero de la ISFTV en el periodo del 16 al 30 (años), se presentan las condiciones iniciales de análisis fotovoltaico de nuestra instalación, se colocan los datos generados en el diseño, reflejado en capacidad del generador fotovoltaico, capacidad del inversor, rezagos de energía fluctuante del generador, con el correspondiente cálculo de energía estimada al año.

Para las siguientes valoraciones de paneles solares y su rendimientos se ingresa el valor de potencia nominal del fabricante y por último el valor de venta de kWh de la empresa prestadora de energía eléctrica; este dato es tomado de la página de la compañía en su reporte anual⁴; e igualmente por medio del DANE⁵ se establece el IPC en el año.

⁴ <https://www.codensa.com.co/document/Tarifario-agosto-2017.pdf>

⁵ <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>

Imagen 39.
Información base para el estudio de viabilidad económica

TIPO DE INSTALACIÓN:	
POTENCIA DE LOS INVERSORES	20 KW
POTENCIA DEL CAMPO FOTOVOLTAICO	20485 wp
PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ESTIMADA ANUAL	22534 kWh/año
INGRESOS DEL PRIMER AÑO	\$ 12.039.423,7 \$

DATOS GENERALES	
POTENCIA EN SU PRODUCTO DEL 80% DE LA POTENCIA NOMINAL	25 años
P. V. P. DEL kWh	534,29 \$
INCREMENTO ESTIMADO DEL PRECIO DE LA ENERGÍA	8,75% % anual
I.P.C. ESTIMADO	3,40% % anual

INDICE DE PRECIOS Y VALORES ECONOMICOS	
PRECIO APROXIMADO TOTAL DE LA INSTALACIÓN	\$ 338.493.985,0 \$
PERIODO DE AMORTIZACIÓN	7 años
VALOR ANUAL DE MANTENIMIENTO AÑO DE REFERENCIA	\$ 1.523.222,9 \$
VALOR ANUAL DEL SEGURO INTEGRAL DE LA INSTALACIÓN	\$ 507.741,0 \$

FINANCIACIÓN	
FONDOS PROPIOS	95 % \$ 321.569.285,7 \$
SUBVENCIÓN	\$ - \$
PRÉSTAMO	\$ 16.924.699,2 \$
TIPO DE INTERÉS	3,5 %
PLAZO	7 años
PAGO MENSUAL DE CRÉDITO	\$ 227.465,4 \$

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Se establecen los índices de precios como el valor del ISFV generado en el presupuesto, el posible periodo de amortización de nuestro sistema, el valor anual de mantenimiento del sistema y correspondiente pago de seguros como de las correspondientes pólizas de cumplimiento. Se deja un campo adicional denominado financiación; este debe ser usado en casos de créditos bancarios con referentes de años de pago, valores de interés del mercado presente y futuro, en el caso académico y para procesos de verificación del campo se determina que el 95% se determina en recursos propios y el 5% en proceso de financiación de 7 años y del 3,5% efectivo anual, para una determinación de pago mensual de \$ 227.465,4 doscientos veinte siete mil cuatrocientos sesenta y cinco mil pesos.

Al ingresar esta informa se puede comprobar la variación económica de cada año reflejada en la **Tabla 25**.

Detalle análisis financiero de la ISFTV en el periodo del 1 al 15 (años) y en la **Tabla 26**.

Detalle análisis financiero de la ISFTV en el periodo del 16 al 30 (años), que se demuestra puntualmente valores anuales referentes a las condiciones planteadas. Basándose en esta proyección, se realiza la **Gráfica 3**.

Entradas y Salidas económicas reflejas en pesos del proyecto en una duración de 25 años, que demuestra como tendencia creciente una salida de recursos hasta completar el monto inicial presupuesta a lo largo del tiempo y en paralelo a ello se reflejan las entradas constantes o ingresos generados por el ISFTV.

Tabla 24. Presupuesto de la Instalación Solar Fotovoltaica

Presupuesto para la instalación Sola Fotovoltaica de la Casa de la Cultura del Municipio de Anapoima								Dólar a Euro	\$	0,83
Codigo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario Pesos (\$)	Pesos Total	IVA 19%	Valor Total Codigo			
01.	Generador									\$ 77.647.500,00
01.01	Módulos fotovoltaicos de referencia, 325W TSM-325 PEG14 - 72 cells – MULTIC, estos deben pasar una inspección de electro luminiscencia, o una potencia nominal de 325 Wp, con dimensiones 1956 × 992 × 40 mm de con células solares Multicristalinas 156,75 × 156,75 mm, presenta vidrio de 3,2 mm, alta transparencia, recubrimiento AR y vidrio solar templado. Conn marco de aleación de aluminio pintado en plateado y caja de conexión IP65.	UN	85	\$ 896.000,00	\$ 76.160.000,00		\$ 76.160.000,00			
01.02	Suministro de estructura para un módulo fotovoltaico en posición horizontal, modelo en aluminio con despliegue de posición y fijación a correas de aluminio. Incluye soportes de teja y amarres.	UN	85	\$ 17.500,00	\$ 1.487.500,00		\$ 1.487.500,00			
02.	Inversor Y Transformador									\$ 9.244.072,89
02.01	El Sunny Tripower es un inversor fotovoltaico sin transformador con dos seguidores del punto de máxima potencia (MPP) que transforma la corriente continua del generador fotovoltaico en corriente alterna trifásica apta para la red y la inyecta a la red pública de referencia SunnyTripower 20000TL, incluye 5 accesorios de red y de conexión de datos. Puede configurar el relé multifunción para diferentes tipos de funcionamiento. El relé multifunción sirve, por ejemplo, para activar y desactivar indicadores de fallos; SMA OptiTrac Global Peak es una ampliación de SMA OptiTrac y permite que el punto de operación del inversor se ajuste en todo momento al punto de operación óptimo del generador fotovoltaico (MPP) con precisión; Los descargadores de sobretensión limitan las sobretensiones peligrosas. Los descargadores de sobretensión del tipo II; el inversor puede reproducir la curva característica Q(U) predefinida por el operador de red sin necesidad de medir en el punto de conexión a la red. Una vez activada esta función, el inversor puede compensar automáticamente los equipos conectados entre el inversor y el punto de conexión a la red	UN	1	\$ 9.241.276,39	\$ 9.241.276,39		\$ 9.241.276,39			
02.02	Transformador trifásico de 440-220 a 127v, Los transformadores trifásicos seco puros, tienen devanados independientes y conexión Delta-Gstrella, su grupo de conexión Dyn5 o la que requiera el cliente. Los transformadores de aislamiento están provistos con pantalla electrostática de faraday a tierra para la atenuación de armónicos.	UN	1	\$ 2.350,00	\$ 2.350,00	\$ 446,50	\$ 2.796,50			
03.	Cajas de conexión									\$ 6.739.662,87
03.01	Cajas de conexión de porta diodos	UN	5	\$ 40.588,66	\$ 202.943,29		\$ 202.943,29			
03.02	Caja de conexión montadas - Sin Fusibles	UN	1	\$ 1.181.643,10	\$ 1.181.643,10		\$ 1.181.643,10			
03.03	Fusibles de 20Amp	UN	10	\$ 17.631,38	\$ 176.313,83		\$ 176.313,83			
03.04	Fusibles de 100Amp	UN	2	\$ 20.063,30	\$ 40.126,59		\$ 40.126,59			
03.05	Fusibles de 55Amp	UN	4	\$ 22.495,21	\$ 89.980,85		\$ 89.980,85			
03.06	Conectores Fotovoltaicos	UN	240	\$ 21.036,06	\$ 5.048.655,21		\$ 5.048.655,21			
04.	Caja principal de conexión									\$ 942.163,69
04.01	Interruptor de protección principal en continua tetrapolar de intensidad nominal 100 A y tensión máxima en régimen permanente 1200 V.	UN	1	\$ 791.734,20	\$ 791.734,20	\$ 150.429,50	\$ 942.163,69			
05.	Cableado y Tubería									\$ 4.097.241,40
05.01	Cable Fotovoltaico Cu12AWG 2kv XLPE CKNG - 210256CSNG	ML	140	\$ 3.640,21	\$ 509.629,40		\$ 509.629,40			
05.02	CENTELFLEX PLUS THWN2 5X10AWG600V TC SR	ML	75	\$ 14.218,12	\$ 1.066.359,00		\$ 1.066.359,00			
05.03	Colmena Tubo Conduit Emt 3/4	Tub	50	\$ 20.900,00	\$ 1.045.000,00	\$ 198.550,00	\$ 1.243.550,00			
05.04	Colmena Tubo Conduit Emt 1	Tub	10	\$ 30.900,00	\$ 309.000,00	\$ 58.710,00	\$ 367.710,00			
05.05	Colmena Tubo Conduit Emt 1/2	Tub	22	\$ 13.900,00	\$ 305.800,00	\$ 58.102,00	\$ 363.902,00			
05.06	Kit Boquilla-Bushing 3/4 Galvanizada	UN	45	\$ 1.300,00	\$ 58.500,00	\$ 11.115,00	\$ 69.615,00			
05.07	Fabricur Unión Emt 1/2 Acero	UN	8	\$ 1.450,00	\$ 11.600,00	\$ 2.204,00	\$ 13.804,00			

Presupuesto para la instalación Sola Fotovoltaica de la Casa de la Cultura del Municipio de Anapoima								Dólar a Euro	\$	0,83
Codigo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario Pesos (\$)	Pesos Total	IVA 19%	Valor Total Codigo			
05.08	Fabricur Terminal Emt 1/2 Acero-Tub	UN	12	\$ 1.700,00	\$ 20.400,00	\$ 3.876,00	\$ 24.276,00			
05.09	Kit Boquilla-Bushing 1 Galvanizada	UN	14	\$ 2.000,00	\$ 28.000,00	\$ 5.320,00	\$ 33.320,00			
05.10	Fabricur Unión Emt 3/4 Acero	UN	9	\$ 2.000,00	\$ 18.000,00	\$ 3.420,00	\$ 21.420,00			
05.11	Fabricur Unión Emt 1 Acero	UN	7	\$ 3.000,00	\$ 21.000,00	\$ 3.990,00	\$ 24.990,00			
05.12	Fabricur Curva Emt 1/2	UN	12	\$ 3.650,00	\$ 43.800,00	\$ 8.322,00	\$ 52.122,00			
05.13	Fabricur Curva Emt 3/4	UN	8	\$ 6.300,00	\$ 50.400,00	\$ 9.576,00	\$ 59.976,00			
05.14	Fabricur Curva IMC 1	UN	8	\$ 25.900,00	\$ 207.200,00	\$ 39.368,00	\$ 246.568,00			
06.	Baterías Solares									\$ 179.705.875,00
06.01	El Acumulador TAB Translúcido 2V 1300Ah 8 TOPzS 1000 es muy fiable dado su número de años en el mercado, llegando de media a durar unos 1200 ciclos aplicando descargas de hasta el 60%. En la medida que la profundidad de la descarga sea menor, la batería alargará su vida útil, aunque lo más común es que este tipo de bancos de baterías estacionarias duren entre 9 y 12 años. Se adjuntan los puentes de conexión y los tornillos de las baterías en caso de pedir más de un acumulador.	UN	115	\$ 1.492.500,00	\$ 171.637.500,00		\$ 171.637.500,00			
06.02	Conectores y soportes de apoyo	UN	125	\$ 64.547,00	\$ 8.068.375,00		\$ 8.068.375,00			
07.	Puesta a tierra									\$ 2.779.126,00
07.01	Steelock Perros para cable galvanizado 3/16 pulgada 4 un...	UN	16	\$ 3.900,00	\$ 62.400,00	\$ 11.856,00	\$ 74.256,00			
07.02	Steelock Perros para cable galvanizado 1/4 pulgada 4 uni...	UN	14	\$ 4.500,00	\$ 63.000,00	\$ 11.970,00	\$ 74.970,00			
07.03	Steelock Perros para cable galvanizado 5/16 Pulg 4 unida...	UN	12	\$ 6.500,00	\$ 78.000,00	\$ 14.820,00	\$ 92.820,00			
07.04	Cable de Cobre Desnudo No. 4 AWG (METRO) REF:	ML	195	\$ 6.200,00	\$ 1.209.000,00	\$ 229.710,00	\$ 1.438.710,00			
07.05	Cable de Cobre Desnudo No. 8 AWG (METRO) REF:	UN	175	\$ 2.450,00	\$ 428.750,00	\$ 81.462,50	\$ 510.212,50			
07.06	Cable de Cobre Desnudo No. 10 AWG (METRO) REF:	UN	25	\$ 1.750,00	\$ 43.750,00	\$ 8.312,50	\$ 52.062,50			
07.07	Conector de Puesta a Tierra Tipo C Cable - Cable # 2 REF:	UN	2	\$ 12.600,00	\$ 25.200,00	\$ 4.788,00	\$ 29.988,00			
07.08	Conector de Tornillo en Cobre REF:	UN	2	\$ 4.750,00	\$ 9.500,00	\$ 1.805,00	\$ 11.305,00			
07.09	Conector Transversal de Puesta a Tierra Tipo TGC 5/8 - 6 AWG REF: 1380278-1	UN	2	\$ 16.700,00	\$ 33.400,00	\$ 6.346,00	\$ 39.746,00			
07.10	Hidrosolta 15 KG REF:	UN	2	\$ 72.500,00	\$ 145.000,00	\$ 27.550,00	\$ 172.550,00			
07.11	Varilla Cooper Weld de 5/8 x 2,40 de Cobre Macizo REF:	UN	2	\$ 118.700,00	\$ 237.400,00	\$ 45.106,00	\$ 282.506,00			
08.	Mano de Obra y Maquinaria									\$ 17.076.944,02
08.01	Mano de obra correspondiente a la instalación del generador fotovoltaico, inversor, cajas de conexión, caja general de conexiones, cuadro general baja tensión 400 V, transformador, cableado y tubería, sistema de puesta a tierra. Elementos completamente montados, probados y en operación. Maquinaria. y Transporte	GL	1	\$ 17.076.944,02	\$ 17.076.944,02		\$ 17.076.944,02			
09.	Valor Propuesta									\$ 298.232.585,87

Valor General del Presupuesto			
7,50%	Gastos Generales	\$	22.367.443,94
	Se incluye: Supervisión de obra, dirección de procesos administrativos y técnicos, estudios de viabilidad tanto económica y ambiental.		
6%	Pagos de servicios bancarios e industria	\$	17.893.955,15
	Bancos, honorarios varios, seguros y vigilancia durante el montaje		
	<i>Suma de gastos generales y pagos de servicios bancarios e industria</i>	\$	40.261.399,09

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	\$	338.493.984,97
----------------------------------	-----------	-----------------------

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal simón bolívar de Anapoima, Cundinamarca.

Tabla 25.
Detalle análisis financiero de la ISFTV en el periodo del 1 al 15 (años)

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PÉRDIDA ANUAL DE EFICIENCIA	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%
PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ANUAL PORCENTUAL	100,0%	99,2%	98,3%	97,5%	96,7%	95,8%	95,0%	94,2%	93,3%	92,5%	91,7%	90,8%	90,0%	89,2%	88,3%
PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ANUAL (KWH)	22.534	22.346	22.158	21.970	21.782	21.595	21.407	21.219	21.031	20.843	20.656	20.468	20.280	20.092	19.905
INCREMENTO DEL PRECIO DE LA ENERGÍA (%)	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%
PRECIO DEL KWH FOTOVOLTAICO	\$ 534,290	\$ 581,040	\$ 631,881	\$ 687,171	\$ 747,298	\$ 812,687	\$ 883,797	\$ 961,129	\$ 1.045,228	\$ 1.136,686	\$ 1.236,146	\$ 1.344,309	\$ 1.461,936	\$ 1.589,855	\$ 1.728,967
ENTRADAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VENTA DE ENERGÍA	\$ 12.039.423,7	\$ 12.983.766,0	\$ 14.001.191,4	\$ 15.097.259,2	\$ 16.277.942,3	\$ 17.549.656,6	\$ 18.919.292,8	\$ 20.394.250,8	\$ 21.982.475,7	\$ 23.692.496,4	\$ 25.533.467,4	\$ 27.515.212,6	\$ 29.648.272,7	\$ 31.943.954,9	\$ 34.414.386,9
DESGRAVACIÓN FISCAL	\$ -	\$ 13.539.759,4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL ENTRADAS	\$ 12.039.423,7	\$ 26.523.525,4	\$ 14.001.191,4	\$ 15.097.259,2	\$ 16.277.942,3	\$ 17.549.656,6	\$ 18.919.292,8	\$ 20.394.250,8	\$ 21.982.475,7	\$ 23.692.496,4	\$ 25.533.467,4	\$ 27.515.212,6	\$ 29.648.272,7	\$ 31.943.954,9	\$ 34.414.386,9
SALIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MANTENIMIENTO	\$ 1.523.222,9	\$ 1.523.740,8	\$ 1.524.258,9	\$ 1.524.777,1	\$ 1.525.295,6	\$ 1.525.814,2	\$ 1.526.332,9	\$ 1.526.851,9	\$ 1.527.371,0	\$ 1.527.890,3	\$ 1.528.409,8	\$ 1.528.929,5	\$ 1.529.449,3	\$ 1.529.969,3	\$ 1.530.489,5
CUOTAS DE CRÉDITO	\$ 2.729.585,16	\$ 2.729.585,16	\$ 2.729.585,16	\$ 2.729.585,16	\$ 2.729.585,16	\$ 2.729.585,16	\$ 2.729.585,16	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
PAGO DE INTERESES	\$ 557.744,4	\$ 480.498,6	\$ 400.505,5	\$ 317.667,2	\$ 231.882,6	\$ 143.046,9	\$ 51.051,7	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
AMORTIZACIÓN DEL CRÉDITO	\$ 2.171.840,79	\$ 2.249.086,55	\$ 2.329.079,70	\$ 2.411.917,97	\$ 2.497.702,54	\$ 2.586.538,21	\$ 2.678.533,49	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
SEGURO INTEGRAL DE LA INSTALACIÓN	\$ 507.741,0	\$ 507.913,6	\$ 508.086,3	\$ 508.259,0	\$ 508.431,9	\$ 508.604,7	\$ 508.777,6	\$ 508.950,6	\$ 509.123,7	\$ 509.296,8	\$ 509.469,9	\$ 509.643,2	\$ 509.816,4	\$ 509.989,8	\$ 510.163,2
TOTAL SALIDAS	\$ 4.760.549,1	\$ 4.761.239,6	\$ 4.761.930,4	\$ 4.762.621,4	\$ 4.763.312,6	\$ 4.764.004,1	\$ 4.764.695,8	\$ 2.035.802,5	\$ 2.036.494,7	\$ 2.037.187,1	\$ 2.037.879,8	\$ 2.038.572,6	\$ 2.039.265,8	\$ 2.039.959,1	\$ 2.040.652,7
FLUJO DE CAJA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FLUJO DE CAJA INICIAL	-\$ 321.569.283,7	-\$ 314.290.411,1	-\$ 292.528.125,3	-\$ 283.288.864,2	-\$ 272.954.226,4	-\$ 261.439.596,7	-\$ 248.653.944,2	-\$ 234.499.347,1	-\$ 216.140.898,9	-\$ 196.194.917,9	-\$ 174.539.608,7	-\$ 151.044.021,1	-\$ 125.567.381,1	-\$ 97.958.374,2	-\$ 68.054.378,4
FLUJO PERIODO ENTRADAS-SALIDAS	\$ 7.278.874,65	\$ 21.762.285,82	\$ 9.239.261,02	\$ 10.334.637,86	\$ 11.514.629,72	\$ 12.785.652,30	\$ 14.154.597,03	\$ 18.358.448,28	\$ 19.945.980,95	\$ 21.655.309,25	\$ 23.495.587,60	\$ 25.476.640,00	\$ 27.609.006,92	\$ 29.903.995,80	\$ 32.373.734,24
FLUJO DE CAJA FINAL	-\$ 314.290.411,07	-\$ 292.528.125,26	-\$ 283.288.864,24	-\$ 272.954.226,38	-\$ 261.439.596,66	-\$ 248.653.944,16	-\$ 234.499.347,13	-\$ 216.140.898,85	-\$ 196.194.917,90	-\$ 174.539.608,66	-\$ 151.044.021,05	-\$ 125.567.381,08	-\$ 97.958.374,16	-\$ 68.054.378,36	-\$ 35.680.644,13
RESULTADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RESULTADO BRUTO	\$ 10.008.459,8	\$ 24.491.871,0	\$ 11.968.846,2	\$ 13.064.223,0	\$ 14.244.214,9	\$ 15.515.237,7	\$ 18.884.152,2	\$ 18.358.448,3	\$ 19.945.980,9	\$ 21.655.309,2	\$ 23.495.587,6	\$ 25.476.640,0	\$ 27.609.006,9	\$ 29.903.995,8	\$ 32.373.734,2
AMORTIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN	\$ 48.356.283,6	\$ 48.356.283,6	\$ 48.356.283,6	\$ 48.356.283,6	\$ 48.356.283,6	\$ 48.356.283,6	\$ 48.356.283,6	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
BENEFICIOS ANTES DE INTERESES E IMPUESTOS	-\$ 38.347.823,8	-\$ 23.864.412,6	-\$ 36.387.437,4	-\$ 35.292.060,5	-\$ 34.112.068,7	-\$ 32.841.045,9	-\$ 31.472.101,4	-\$ 18.358.448,3	-\$ 19.945.980,9	-\$ 21.655.309,2	-\$ 23.495.587,6	-\$ 25.476.640,0	-\$ 27.609.006,9	-\$ 29.903.995,8	-\$ 32.373.734,2
PAGO DE INTERESES	\$ 557.744,37	\$ 480.498,6	\$ 400.505,5	\$ 317.667,2	\$ 231.882,6	\$ 143.046,9	\$ 51.051,7	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS	-\$ 38.905.568,1	-\$ 24.344.911,2	-\$ 36.787.942,8	-\$ 35.609.727,7	-\$ 34.343.951,3	-\$ 32.984.092,9	-\$ 31.523.153,0	-\$ 18.358.448,3	-\$ 19.945.980,9	-\$ 21.655.309,2	-\$ 23.495.587,6	-\$ 25.476.640,0	-\$ 27.609.006,9	-\$ 29.903.995,8	-\$ 32.373.734,2
RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL EJERCICIO (%)	11,33	7,05	10,75	10,43	10,08	9,70	9,30	5,42	5,89	6,40	6,94	7,53	8,16	8,83	9,56
RENTABILIDAD FINANCIERA (%)	-12,10%	-7,57%	-11,44%	-11,07%	-10,68%	-10,26%	-9,80%	5,71%	6,20%	6,73%	7,31%	7,92%	8,59%	9,30%	10,07%
ACUMULADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BENEFICIOS ACUMULADOS	-\$ 38.905.568,1	-\$ 63.250.479,3	-\$ 100.038.422,2	-\$ 135.648.149,9	-\$ 169.992.101,2	-\$ 202.976.194,1	-\$ 234.499.347,1	-\$ 216.140.898,9	-\$ 196.194.917,9	-\$ 174.539.608,7	-\$ 151.044.021,1	-\$ 125.567.381,1	-\$ 97.958.374,2	-\$ 68.054.378,4	-\$ 35.680.644,1
RENTABILIDAD ACUMULADA (%)	12,10	19,67	31,11	42,18	52,86	63,12	72,92	82,21	91,01	99,34	107,22	114,65	121,67	128,28	134,50
RENTABILIDAD MEDIA ANUAL (%)	12,10	9,83	10,37	10,55	10,57	10,52	10,42	8,40	6,78	5,43	4,27	3,25	2,34	1,51	0,74
TASA INTERNA DE RENTABILIDAD -TIR															

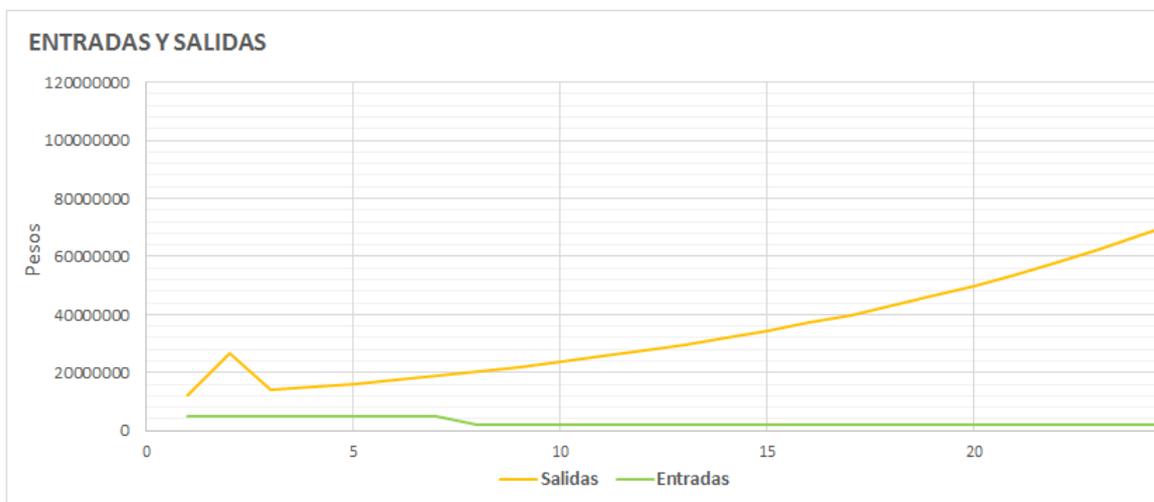
Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Tabla 26.
Detalle análisis financiero de la ISFTV en el periodo del 16 al 30 (años)

AÑO	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PÉRDIDA ANUAL DE EFICIENCIA	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%	0,833%
PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ANUAL PORCI	87,5%	86,7%	85,8%	85,0%	84,2%	83,3%	82,5%	81,7%	80,8%	80,0%	79,2%	78,3%	77,5%	76,7%	75,8%
PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ANUAL [kWh]	19.717	19.529	19.341	19.153	18.966	18.778	18.590	18.402	18.215	18.027	17.839	17.651	17.463	17.276	17.088
INCREMENTO DEL PRECIO DE LA ENERGÍA	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%	8,75%
PRECIO DEL kWh FOTOVOLTAICO	\$ 1.880,252	\$ 2.044,774	\$ 2.223,692	\$ 2.418,265	\$ 2.629,863	\$ 2.859,978	\$ 3.110,224	\$ 3.382,388	\$ 3.678,325	\$ 4.000,179	\$ 4.350,195	\$ 4.730,837	\$ 5.144,785	\$ 5.594,954	\$ 6.084,512
ENTRADAS	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VENTA DE ENERGÍA	\$ 37.072.573,7	\$ 39.932.457,9	\$ 43.008.985,0	\$ 46.318.171,5	\$ 49.877.178,0	\$ 53.704.387,2	\$ 57.819.485,9	\$ 62.243.552,6	\$ 66.999.150,6	\$ 72.110.426,0	\$ 77.603.212,4	\$ 83.505.140,9	\$ 89.845.757,3	\$ 96.656.645,4	\$ 103.971.557,2
DESGRAVACIÓN FISCAL															
TOTAL ENTRADAS	\$ 37.072.573,7	\$ 39.932.457,9	\$ 43.008.985,0	\$ 46.318.171,5	\$ 49.877.178,0	\$ 53.704.387,2	\$ 57.819.485,9	\$ 62.243.552,6	\$ 66.999.150,6	\$ 72.110.426,0	\$ 77.603.212,4	\$ 83.505.140,9	\$ 89.845.757,3	\$ 96.656.645,4	\$ 103.971.557,2
SALIDAS	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
MANTENIMIENTO	\$ 1.531.009,9	\$ 1.531.530,4	\$ 1.532.051,1	\$ 1.532.572,0	\$ 1.533.093,1	\$ 1.533.614,4	\$ 1.534.135,8	\$ 1.534.657,4	\$ 1.535.179,2	\$ 1.535.701,2	\$ 1.536.223,3	\$ 1.536.745,6	\$ 1.537.268,1	\$ 1.537.790,8	\$ 1.538.313,6
CUOTAS DE CRÉDITO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
PAGO DE INTERESES	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
AMORTIZACIÓN DEL CRÉDITO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
SEGURO INTEGRAL DE LA INSTALACIÓN	\$ 510.336,6	\$ 510.510,1	\$ 510.683,7	\$ 510.857,3	\$ 511.031,0	\$ 511.204,8	\$ 511.378,6	\$ 511.552,5	\$ 511.726,4	\$ 511.900,4	\$ 512.074,4	\$ 512.248,5	\$ 512.422,7	\$ 512.596,9	\$ 512.771,2
TOTAL SALIDAS	\$ 2.041.346,5	\$ 2.042.040,6	\$ 2.042.734,9	\$ 2.043.429,4	\$ 2.044.124,2	\$ 2.044.819,2	\$ 2.045.514,4	\$ 2.046.209,9	\$ 2.046.905,6	\$ 2.047.601,5	\$ 2.048.297,7	\$ 2.048.994,1	\$ 2.049.690,8	\$ 2.050.387,7	\$ 2.051.084,8
TESORERÍA	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TESORERÍA INICIAL	-\$ 35.680.644,1	-\$ 649.417,0	\$ 37.241.000,3	\$ 78.207.250,5	\$ 122.481.992,6	\$ 170.315.046,5	\$ 221.974.614,5	\$ 277.748.506,1	\$ 337.945.928,8	\$ 402.898.173,8	\$ 472.960.998,3	\$ 548.515.913,0	\$ 629.972.059,7	\$ 717.768.126,2	\$ 812.374.383,9
FLUJO PERIODO ENTRADAS-SALIDAS	\$ 35.031.227,14	\$ 37.890.417,34	\$ 40.966.250,15	\$ 44.274.742,09	\$ 47.833.053,98	\$ 51.659.568,08	\$ 55.773.971,52	\$ 60.197.342,77	\$ 64.952.245,02	\$ 70.062.824,58	\$ 75.554.914,65	\$ 81.456.146,75	\$ 87.796.066,51	\$ 94.606.257,67	\$ 101.920.472,42
TESORERÍA FINAL	\$ 649.416,99	\$ 37.241.000,35	\$ 78.207.250,50	\$ 122.481.992,58	\$ 170.315.046,46	\$ 221.974.614,54	\$ 277.748.506,06	\$ 337.945.928,83	\$ 402.898.173,84	\$ 472.960.998,32	\$ 548.515.912,97	\$ 629.972.059,72	\$ 717.768.126,23	\$ 812.374.383,90	\$ 914.294.856,31
RESULTADOS	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
RESULTADO BRUTO	\$ 35.031.227,1	\$ 37.890.417,3	\$ 40.966.250,1	\$ 44.274.742,1	\$ 47.833.053,9	\$ 51.659.568,1	\$ 55.773.971,5	\$ 60.197.342,8	\$ 64.952.245,0	\$ 70.062.824,5	\$ 75.554.914,7	\$ 81.456.146,7	\$ 87.796.066,5	\$ 94.606.257,7	\$ 101.920.472,4
AMORTIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
BENEFICIOS ANTES DE INTERESES E IMPUESTOS	\$ 35.031.227,1	\$ 37.890.417,3	\$ 40.966.250,1	\$ 44.274.742,1	\$ 47.833.053,9	\$ 51.659.568,1	\$ 55.773.971,5	\$ 60.197.342,8	\$ 64.952.245,0	\$ 70.062.824,5	\$ 75.554.914,7	\$ 81.456.146,7	\$ 87.796.066,5	\$ 94.606.257,7	\$ 101.920.472,4
PAGO DE INTERESES	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS	\$ 35.031.227,1	\$ 37.890.417,3	\$ 40.966.250,1	\$ 44.274.742,1	\$ 47.833.053,9	\$ 51.659.568,1	\$ 55.773.971,5	\$ 60.197.342,8	\$ 64.952.245,0	\$ 70.062.824,5	\$ 75.554.914,7	\$ 81.456.146,7	\$ 87.796.066,5	\$ 94.606.257,7	\$ 101.920.472,4
RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL EJERCICIO (%)	10,35	11,19	12,10	13,08	14,13	15,20	16,48	17,78	19,19	20,70	22,32	24,06	25,94	27,95	30,11
RENTABILIDAD FINANCIERA (%)	10,89%	11,78%	12,74%	13,77%	14,87%	16,06%	17,34%	18,72%	20,20%	21,79%	23,50%	25,33%	27,30%	29,42%	31,69%
ACUMULADOS	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BENEFICIOS ACUMULADOS	-\$ 649.417,0	\$ 37.241.000,3	\$ 78.207.250,5	\$ 122.481.992,6	\$ 170.315.046,5	\$ 221.974.614,5	\$ 277.748.586,1	\$ 337.945.928,8	\$ 402.898.173,8	\$ 472.960.998,3	\$ 548.515.913,0	\$ 629.972.059,7	\$ 717.768.126,2	\$ 812.374.383,9	\$ 914.294.856,3
RENTABILIDAD ACUMULADA (%)	0,20	11,58	24,32	38,09	52,96	69,03	86,37	105,09	125,29	147,08	170,57	195,91	223,21	252,63	284,32
RENTABILIDAD MEDIA ANUAL (%)	0,01	0,68	1,35	2,00	2,65	3,29	3,93	4,57	5,22	5,88	6,56	7,26	7,97	8,71	9,48
TASA INTERNA DE RENTABILIDAD -TIR	#(NUM!	#(NUM!	#(NUM!	-11,72%	-5,55%	-2,78%	-1,00%	0,31%	1,35%	2,19%	2,90%	3,52%	4,05%	4,51%	4,93%

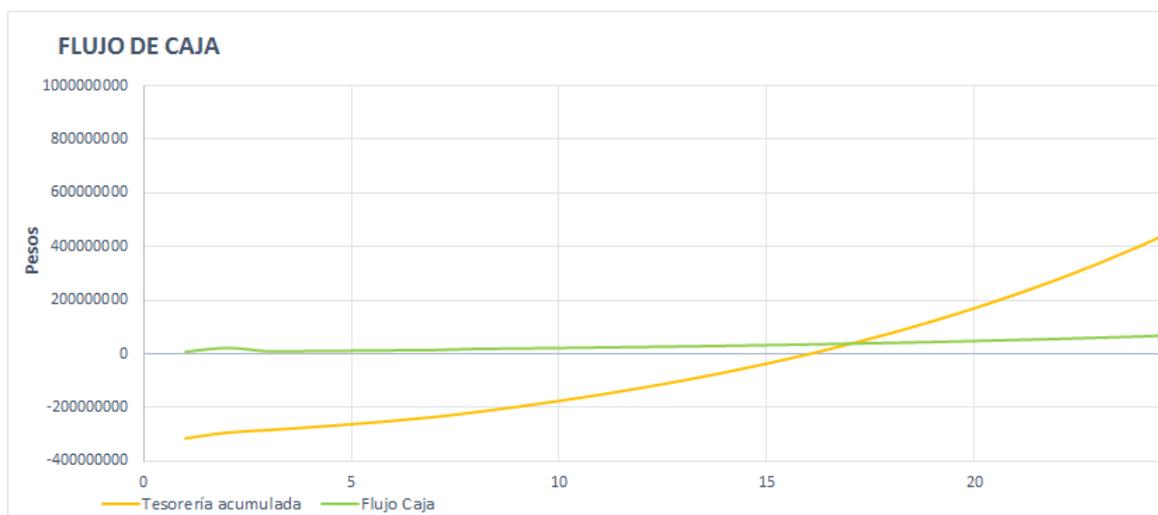
Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Gráfica 3.
Entradas y Salidas económicas reflejas en pesos del proyecto en una duración de 25 años



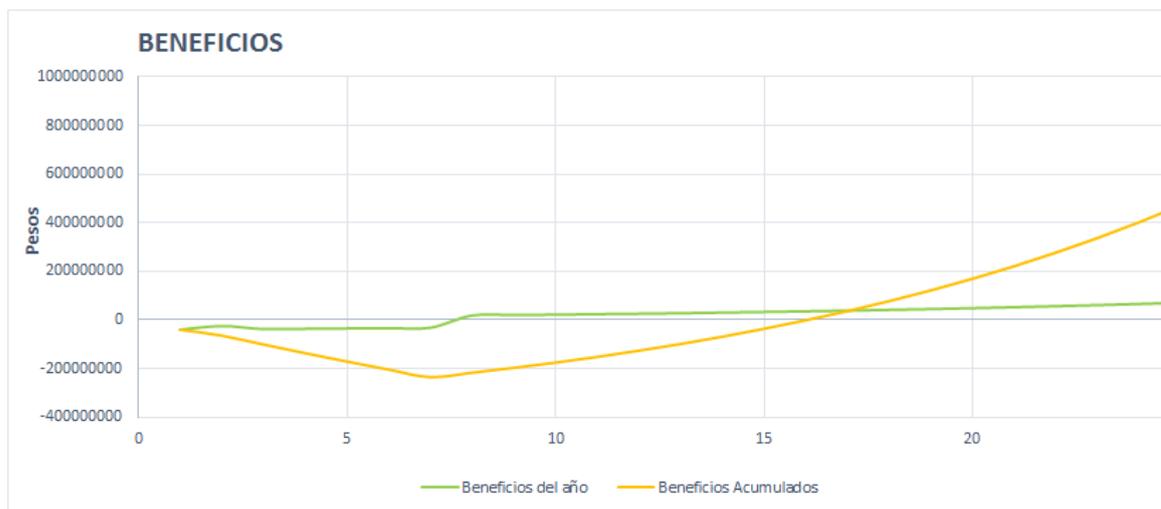
Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Gráfica 4.
Flujo de Caja reflejado en pesos del proyecto en una duración de 25 años



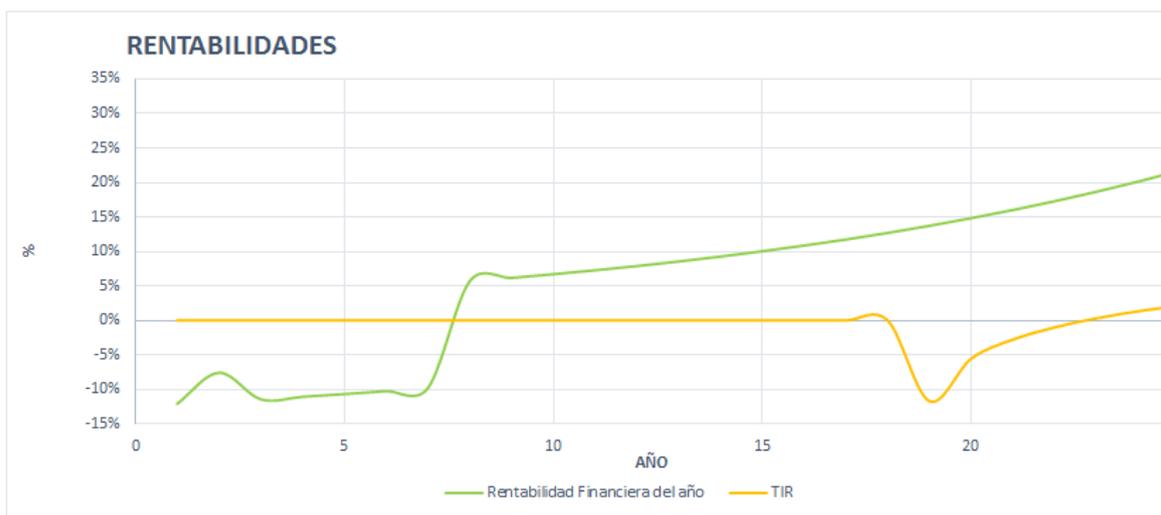
Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Gráfica 5.
Beneficios económicos acumulados en pesos del proyecto en una duración de 25 años



Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Gráfica 6.
Representación de la rentabilidad financiera y el TIR en % del proyecto en una duración de 25 años



Información creada por Autor (Castillo, 2017)

En la **Gráfica 4.**

Flujo de Caja reflejado en pesos del proyecto en una duración de 25 años, se muestran las

correspondientes tendencias de teoría acumulada en el periodo de tiempo y el correspondiente flujo de caja anual, es importante decir que la tesorería acumulada se dio en origen negativo hasta el año 17 del proyecto, en este punto se encuentra el punto de equilibrio del sistema en el cruce del flujo de caja y tesorería acumulada; esto podría garantizar una viabilidad económico del mismo hasta el año 17 y años siguientes una rentabilidad con los índices de rendimiento del panel, hasta completar el 80% de eficiencia del mismo hasta el año 25.

En la **Gráfica 5**.

Beneficios económicos acumulados en pesos del proyecto en una duración de 25 años, se demuestra que después del primer año de inversión los beneficios acumulados bajan importantemente hasta el año 7 del sistema, desde ese punto de da inicio a un repunte de ingresos que encuentra el punto de equilibrio en el e año 17 de la puesta en marcha, las tendencias de generación de beneficios económicos con respecto a los acumulados son de carácter constante y no se ven reflejados después del año 7.

En la información suministrada en la **Gráfica 6**.

Representación de la rentabilidad financiera y el TIR en % del proyecto en una duración de 25 años, se pude observar que el proyecto da un margen de ganancia en razón del séptimo año, el momento que se termina la amortización del crédito generado en el inicio de la obra. E igualmente se observa que la que la curva de Tasa interna de Rentabilidad (TIR), presenta una caída significativa en el año 18 con una tendencia de recuperación lenta que mejora después del año 23.

Diseño fotovoltaico para los baños de la plaza Simón Bolívar del municipio de Anapoima Cundinamarca.

Para el diseño fotovoltaico de los baños de la plaza Simón Bolívar, se realizará un informe gerencial del proyecto, será calculado bajo las condiciones de las baterías sanitarias.

Se plantea un sistema conectado a la red, SIN acumuladores, y los excedentes de generación serán inyectados a la red principal, estas mediciones se harán por medio de un medidor bidireccional.

Condiciones de operación:

Ubicación geográfica:	Latitud [Φ] 4,548916
Condiciones del sistema:	Sistema Trifásico para dar arranque a dos motobombas de 6 hp, con un consumo pico de 4150 Watt de arranque.
Valor medio de la Energía necesaria	35.397,75 Wh/día
Valor Consumo Medio Diario (Ah/día)	153,90 Ah/día
Valor potencia aparente (W)	9.310,00 Watt
Sistema de Acumulación:	No presenta sistema de acumulación inyección a la red

Se requiere:

Tabla 27. Presupuesto Baños Plaza simón Bolívar

Presupuesto para la instalación Sola Fotovoltaica de la Casa de la Cultura del Municipio de Anapoima							RSM a Euro	\$	8,83
Codigo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario Pesos (\$)	Pesos Total	IVA 19%	Valor Total Codigo		
01.	Generador						\$ 73.080.000,00		
01.01	Módulos fotovoltaicos de referencia, 325W TSM-325 PEG14 - 72 cells – MULTIC, estos deben pasar una inspección de electro luminiscencia, o una potencia nominal de 325 Wp, con dimensiones 1956 × 992 × 40 mm de con células solares Multicristalinas 156,75 × 156,75 mm, presenta vidrio de 3,2 mm, alta transparencia, recubrimiento AR y vidrio solar templado. Conn marco de aleación de aluminio pintado en plateado y caja de conexión IP65.	UN	80	\$ 896.000,00	\$ 71.680.000,00		\$ 71.680.000,00		
01.02	Suministro de estructura para un módulo fotovoltaico en posición horizontal, modelo en aluminio con despliegue de posición y fijación a correas de aluminio. Incluye soportes de teja y amarres.	UN	80	\$ 17.500,00	\$ 1.400.000,00		\$ 1.400.000,00		
02.	Inversor Y Transformador						\$ 7.653.686,50		
02.01	El Sunny Tripower es un inversor fotovoltaico sin transformador con dos seguidores del punto de máxima potencia (MPP) que transforma la corriente continua del generador fotovoltaico en corriente alterna trifásica apta para la red y la inyecta a la red pública de referencia SunnyTripower 15000TL, incluye 5 accesorios de red y de conexión de datos. Puede configurar el relé multifunción para diferentes tipos de funcionamiento. El relé multifunción sirve, por ejemplo, para activar y desactivar indicadores de fallos; SMA OptiTrac Global Peak es una ampliación de SMA OptiTrac y permite que el punto de operación del inversor se ajuste en todo momento al punto de operación óptimo del generador fotovoltaico (MPP) con precisión; Los descargadores de sobretensión limitan las sobretensiones peligrosas. Los descargadores de sobretensión del tipo II; el inversor puede reproducir la curva característica Q(U) predefinida por el operador de red sin necesidad de medir en el punto de conexión a la red. Una vez activada esta función, el inversor puede compensar automáticamente los equipos conectados entre el inversor y el punto de conexión a la red	UN	1	\$ 7.650.890,00	\$ 7.650.890,00		\$ 7.650.890,00		
02.02	Transformador trifásico de 440-220 a 127v, Los transformadores trifásicos seco puros, tienen devanados independientes y conexión Delta-Gstrella, su grupo de conexión Dyn5 o la que requiera el cliente. Los transformadores de aislamiento están provistos con pantalla electrostática de faraday a tierra para la atenuación de armónicos.	UN	1	\$ 2.350,00	\$ 2.350,00	\$ 446,50	\$ 2.796,50		
03.	Cajas de conexión						\$ 6.759.726,17		
03.01	Cajas de conexión de porta diodos	UN	5	\$ 40.588,66	\$ 202.943,29		\$ 202.943,29		
03.02	Caja de conexión montadas - Sin Fusibles	UN	1	\$ 1.181.643,10	\$ 1.181.643,10		\$ 1.181.643,10		
03.03	Fusibles de 20Amp	UN	10	\$ 17.631,38	\$ 176.313,83		\$ 176.313,83		
03.04	Fusibles de 100Amp	UN	3	\$ 20.063,30	\$ 60.189,89		\$ 60.189,89		
03.05	Fusibles de 55Amp	UN	4	\$ 22.495,21	\$ 89.980,85		\$ 89.980,85		
03.06	Conectores Fotovoltaicos	UN	240	\$ 21.036,06	\$ 5.048.655,21		\$ 5.048.655,21		
04.	Caja principal de conexión						\$ 942.163,69		
04.01	Interruptor de protección principal en continua tetrapolar de intensidad nominal 100 A y tensión máxima en régimen permanente 1200 V.	UN	1	\$ 791.734,20	\$ 791.734,20	\$ 150.429,50	\$ 942.163,69		
05.	Cableado y Tubería						\$ 2.026.724,70		
05.01	Cable Fotovoltaico Cu12AWG 2kv XLPE CKNG - 210256CSNG	ML	60	\$ 3.640,21	\$ 218.412,60		\$ 218.412,60		
05.02	CENTELFLEX PLUS THWN2 5X10AWG600V TC SR	ML	30	\$ 14.218,12	\$ 426.543,60		\$ 426.543,60		
05.03	Colmena Tubo Conduit Emt 3/4	Tub	30	\$ 20.900,00	\$ 627.000,00	\$ 119.130,00	\$ 746.130,00		
05.04	Colmena Tubo Conduit Emt 1	Tub	5	\$ 30.900,00	\$ 154.500,00	\$ 29.355,00	\$ 183.855,00		
05.05	Colmena Tubo Conduit Emt 1/2	Tub	12	\$ 13.900,00	\$ 166.800,00	\$ 31.692,00	\$ 198.492,00		
05.06	Kit Boquilla-Bushing 3/4 Galvanizada	UN	30	\$ 1.300,00	\$ 39.000,00	\$ 7.410,00	\$ 46.410,00		
05.07	Fabricur Unión Emt 1/2 Acero	UN	6	\$ 1.450,00	\$ 8.700,00	\$ 1.653,00	\$ 10.353,00		
05.08	Fabricur Terminal Emt 1/2 Acero-Tub	UN	9	\$ 1.700,00	\$ 15.300,00	\$ 2.907,00	\$ 18.207,00		
05.09	Kit Boquilla-Bushing 1 Galvanizada	UN	8	\$ 2.000,00	\$ 16.000,00	\$ 3.040,00	\$ 19.040,00		
05.10	Fabricur Unión Emt 3/4 Acero	UN	6	\$ 2.000,00	\$ 12.000,00	\$ 2.280,00	\$ 14.280,00		
05.11	Fabricur Unión Emt 1 Acero	UN	4	\$ 3.000,00	\$ 12.000,00	\$ 2.280,00	\$ 14.280,00		
05.12	Fabricur Curva Emt 1/2	UN	9	\$ 3.650,00	\$ 32.850,00	\$ 6.241,50	\$ 39.091,50		
05.13	Fabricur Curva Emt 3/4	UN	4	\$ 6.300,00	\$ 25.200,00	\$ 4.788,00	\$ 29.988,00		
05.14	Fabricur Curva IMC 1	UN	2	\$ 25.900,00	\$ 51.800,00	\$ 9.842,00	\$ 61.642,00		
06.	Puesta a tierra						\$ 1.251.880,00		
06.01	Steelock Perros para cable galvanizado 3/16 pulgada 4 un...	UN	15	\$ 3.900,00	\$ 58.500,00	\$ 11.115,00	\$ 69.615,00		
06.02	Steelock Perros para cable galvanizado 1/4 pulgada 4 un...	UN	12	\$ 4.500,00	\$ 54.000,00	\$ 10.260,00	\$ 64.260,00		
06.03	Steelock Perros para cable galvanizado 5/16 Pulg 4 unida...	UN	8	\$ 6.500,00	\$ 52.000,00	\$ 9.880,00	\$ 61.880,00		
06.04	Cable de Cobre Desnudo No. 4 AWG (METRO) REF:	ML	80	\$ 6.200,00	\$ 496.000,00	\$ 94.240,00	\$ 590.240,00		
06.05	Cable de Cobre Desnudo No. 8 AWG (METRO) REF:	UN	50	\$ 2.450,00	\$ 122.500,00	\$ 23.275,00	\$ 145.775,00		
06.06	Cable de Cobre Desnudo No. 10 AWG (METRO) REF:	UN	25	\$ 1.750,00	\$ 43.750,00	\$ 8.312,50	\$ 52.062,50		
06.07	Conector de Puesta a Tierra Tipo C Cable - Cable # 2 REF:	UN	1	\$ 12.600,00	\$ 12.600,00	\$ 2.394,00	\$ 14.994,00		
06.08	Conector de Tornillo en Cobre REF:	UN	1	\$ 4.750,00	\$ 4.750,00	\$ 902,50	\$ 5.652,50		
06.09	Conector Transversal de Puesta a Tierra Tipo TGC 5/8 - 6 AWG REF: 1380278-1	UN	1	\$ 16.700,00	\$ 16.700,00	\$ 3.173,00	\$ 19.873,00		
06.10	Hidrosolta 15 KG REF:	UN	1	\$ 72.500,00	\$ 72.500,00	\$ 13.775,00	\$ 86.275,00		
06.11	Varilla Cooper Weld de 5/8 x 2,40 de Cobre Macizo REF:	UN	1	\$ 118.700,00	\$ 118.700,00	\$ 22.553,00	\$ 141.253,00		
07.	Mano de Obra y Maquinaria						\$ 17.076.944,02		
07.01	Mano de obra correspondiente a la instalación del generador fotovoltaico, inversor, cajas de conexión, caja general de conexiones, cuadro general baja tensión 400 V, transformador, cableado y tubería, sistema de puesta a tierra. Elementos completamente montados, probados y en operación. Maquinaria, y Transporte	GL	1	\$ 17.076.944,02	\$ 17.076.944,02		\$ 17.076.944,02		
08.	Valor Propuesta						\$ 108.791.125,08		
Valor General del Presupuesto									
7,50%	Gastos Generales			\$	8.159.334,38				
Se incluye: Supervisión de obra, dirección de procesos administrativos y técnicos, estudios de viabilidad tanto económica y ambiental.									
6%	Pagos de servicios bancarios e industria			\$	6.527.467,50				
Bancos, honorarios varios, seguros y vigilancia durante el montaje									
				\$	14.686.801,89				
				\$	123.477.926,96				

Información creada por Autor (Castillo, 2017)

Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal simón bolívar de Anapoima, Cundinamarca.

Conclusiones

1. En el proceso de verificación del atlas de irradiación global horizontal medio diario publicado por el IDEAM (INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, 2017) y realizar la comparación de la base de datos expuesta a 32 años de vigencia de raditaciones media promedio de cada mes; se establece que el rango propuesto por el mapa de radiación se encuentra localizado entre 4,5 – 5,0 KWh/m²/día y los datos de la base de información concuerda igualmente, con un promedio de 4,86 KWh/m²/día, pero esta misma información al ser comparada con los registros de la NASA, presentan variaciones importantes.
2. Estableciendo los rendimientos del generador por medio del libro guía, se puede observar en la **Tabla 12**.

Inclinaciones óptimas en función del periodo de máxima captación que esta se encuentra diseñada para β óptimos de 41°, reflejados básicamente en España; para el caso colombiano se debe replantear la gráfica con β óptimos de 13° a 25° de inclinación y frente a esta nuevo diseño local, se puede calcular los rendimientos bajo condiciones nacionales, pero para efectos académicos se utilizó los cálculos establecidos bajo condiciones europeas.
3. Las valoraciones de uso en cada equipo en la institución, se realiza de forma muy acorde a la medición establecida por la compañía de electricidad, e igualmente la carga de watt de los equipos se registró de acuerdo a la ficha técnica del equipo.

4. La utilización de luminarias tipo LED, mejoran el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos e igualmente se refleja una disminución importante de consumo mensual, que al ser sumadas reflejaría un reducción de costos del 7,2% anual.
5. Se debe recalcular el valor de energía necesaria [W_d] y cargarse un valor constante de 0,9 con el fin de calcular los picos de los motores existentes tanto de refrigeradores y algunos utensilios de cocina que presentan motores.
6. Al determinar la referencia de los panel solares, es importante realizar una verificación de condiciones de los mismo tanto en eficiencia, factor de forma y potencia máxima efectiva; esto determinara realmente la calidad de los paneles para una tomar una correcta en la elección de los mismos; igualmente es importante que todo el generador fotovoltaico sea de la misma referencia tanto empresa como de potencia en watt, dado que al variar las especificaciones el generador presentaría deficiencias, pérdida de generación y deterioro del generador con su posible pérdida total.
7. Para un correcto diseño de los acumuladores, se deben maneja las condiciones iniciales; se debe calcular las baterías que no superen los 4 días de autonomía, dado que al aumentar los días aumentaría el costo de la mismas convirtiendo la instalación en un proyecto inviable.
8. Se debe establecer por medio de la teoría y las fichas técnicas la profundidad de descarga de las baterías y no superar esta; se recomienda ser muy conservador con

esta medida dado que de ello depende la duración de las mismas que puede oscilar entre los 4 años los 12 años de uso.

9. Se deben establecer los equipos de recarga como reguladores e inversores en su fichas técnicas con el fin de ajustar todo el conjunto, cada uno de ellos presenta rendimientos teóricos y prácticos que debe ser tomados encuentra en los cálculos de la instalación.
10. Las temperaturas de descarga y carga de las baterías deben controlarse para que de esta forma los acumuladores presente una vida útil prolongada y las eficiencias energéticas de carga y descarga se manejen bajo los parámetros del fabricante.
11. Se debe establecer el tipo de acumular o batería frente al diseño que se plantea con ello garantizarnos una mayor economía y viabilidad del proyecto, cabe recordar que tanto los tipos de baterías de monoblock, selladas y vasos de ácido varían significativamente su precio.
12. La selección del acumulador debe cumplir con la premisa de la conexión en serie, que ayudara al acumulador a prolongar su vida útil y poder cumplir con los tiempos de diseño; de caso contrario al ser conectadas en paralelo y cumpliendo los cálculos establecidos, no se garantizara los tiempos de duración dado que trabajarían de forma independiente.
13. Para realizar una correcta selección de un inversor fotovoltaico se debe tener conocimiento de las especificaciones técnicas de los mismos, establecer sus ventajas,

desventajas y funcionalidades adicionales, esto con el fin de poder tomar la decisión más acertada frente al consumos, utilidad y económica del mercado.

14. El dimensionamiento de los cables se debe manejar bajo las condiciones de mayor tensión (v), menor diámetro de conductor mayor amperaje, al no establecer tensiones alas es muy probable que los diámetros de los cables aumenten significativamente en tramos muy pequeños y con ello se elevan los costos de infraestructura y operación del sistema.
15. Es importante establecer las caídas de tensión generadas por distancias y por las potencias establecidas en cada tramo; este será parte del insumo inicial para establecer los correctos diámetros de los conductores.

Referencias

- Albritton, D. (2001). Resúmenes de los Grupos de trabajo para responsables de políticas y resúmenes técnicos. En G. I. IPCC, *Cambio climático 2001: Informe de Síntesis* (pág. 86).
- Alcaldía de Anapoima. (15 de Abril de 2006). Diseño Arquitectónico y estructural de la Casa de la Cultura para el municipio de Anapoima, Cundinamarca. *Planos Arquitectónicos*. Anapoima, Provincia del Tequendama, Colombia.
- Anapoima, A. d. (15 de Junio de 2016). *Alcaldia de Anapoima . Resoluciones y Decretos*. Obtenido de ACUERDONo.004 DE 2016: C:\Users\Juan Carlos Duarte\AppData\Roaming\Microsoft\Bibliography
- Anapoima, A. d. (12 de Febrero de 2017). *Información Geografica del Municipio*. Obtenido de Geografía: http://www.anapoima-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml
- Bussmann, C. (12 de Septiembre de 2017). *Wattbits.com*. Obtenido de CHM1D - Fuses, Fuse Accessory: <http://www.wattbits.com/circuit-protection/fuses/fuse-accessory/chm1d.html>
- Cable, G. (08 de Septiembre de 2017). *General Cable*. Obtenido de Catálogos > General Cable > Exzhellent Solar: <http://pdf.directindustry.es/pdf/general-cable/exzhellent-solar/19662-32524.html>
- Castillo, J. C. (16 de Febrero de 2017). Fotografías, investigación, relación de datos, manejo de información, investigación, proceso de análisis, verificación de datos, reporte de trabajo de campo. *Fotografías, investigación, relación de datos, manejo de información, investigación, proceso de análisis, verificación de datos, reporte de trabajo de campo*. Anapoima, Cundinamarca, Colombia.

Central, F. F. (2002). *Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica*. San José, Costa Rica: Biomass Users Network (BUN-CA).

cirprotec, C. (12 de Septiembre de 2017). *Solutions - Safeground*. Obtenido de Importancia del sistema de puesta a tierra:

<http://www.cirprotec.com/es/Solutions/Safeground/Importancia-del-sistema-de-puesta-a-tierra>

CUNDINAMARCA, A. d. (12 de Febrero de 2017). *Presentación*. Obtenido de Soly Agu la Eterna Juventud: <http://www.anapoima-cundinamarca.gov.co/presentacion.shtml>

Cundinamarca, G. d. (10 de Mayo de 2017). *Gobernación de Cundinamarca*. Obtenido de Mapas de Provincias de Cundinamarca:

http://mapas.cundinamarca.gov.co/flexviewers/20140808_Provincias/

Cundinamarca, G. d. (10 de Mayo de 2017). *Gobernación de Cundinamarca*. Obtenido de Municipio de Anapoima Cundinamarca:

http://www.cundinamarca.gov.co/wps/portal/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeplaneacion/SecretariadeplaneacionDespliegue/asmapas_contenidos/csecreplanea_mapas_mapasdepart

DANE. (11 de Septiembre de 2016). *Geoportal*. Obtenido de Estimaciones y proyecciones de población 1985 - 2020:

<https://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoEstimaciones>

Dinero, R. (25 de Marzo de 2016). <http://www.dinero.com/>. Obtenido de ¿Cómo va el desarrollo de energías renovables en Colombia y Latinoamérica?:

<http://www.dinero.com/economia/articulo/la-importancia-de-las-energias-renovables-las-oportunidades-y-nuevos-proyectos/221667>

- Duarte, J. C. (28 de Febrero de 2017). *Google Earth*. Obtenido de Desarrollo de distancia y perfil estartofrafico : juanc.duarte@hotmail.com; 3166070355.
- Earth, G. (10 de Mayo de 2017). *Busqueda del Municipio de Anapoima*. Obtenido de Google Earth 7.1.8.3036 (32-bit): kh.google.com
- EEC, E. d. (01 de Marzo de 2015). Detallado de cobros de Energía. *Reumen de Cobros de Enegía*. Anapoima, Cundinamarca, Colombia: Empesa de Servicios Publicos.
- Energía, M. d. (15 de Junio de 2016). *Ministerio de Minas y Energía - Documentos de interés general*. Obtenido de Abastecimiento:
https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23801644/03-MEMORIAS_2016_Abastecimiento.pdf/228a10ce-3f82-426c-bd48-02296d97591e
- Galbarro, I. -H. (15 de Noviembre de 2011). *Tutorial N° 192*. Obtenido de Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda:
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut192/fig5tut192.jpg>
- Gore, A. (15 de Febrero de 2016). The Case for Optimism on Climate Change. *Razones para el optimismo en el cambio climático*. (TED, Ed.) Vancouver, East Side, Canada.
Obtenido de <https://www.algore.com/news/former-vice-president-al-gore-presents-the-case-for-optimism-on-climate-change-at-ted-video>
- Herranz, A. C.-G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: EDITEX.
- H-Power. (12 de Septiembre de 2017). *Conectores Fotovoltaicos*. Obtenido de Conectores de 4 mm: <http://h-powerconnectors.com/1-3-pv-connector/217779>
- IDEAM - Instituto de Hidrología, M. y. (23 de Enero de 2017). *Glosario*. Obtenido de Estación Metereológica: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario#E>

IDEAM - Instituto de Hidrología, M. y. (01 de Febrero de 2017). *Solicitud de Información*.

Obtenido de Estación Metereologica: <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, M. Y.-I. (11 de Febrero de 2017). *Radiacion Solar*.

Obtenido de Atlas Ideam: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionSolar01.pdf>

IPCC. (2011). Fuentes de Energia Renovable y mitigacion del cambio Climatico. En G. I. (IPCC), *Fuentes de Energia Renovable y mitigacion del cambio Climatico - Resumen para responsables de políticas y resumen técnico* (pág. 242). Nueva York, Nueva York, Estados Unidos de América.: O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner,. Obtenido de https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf

Monsolar. (12 de Septiembre de 2017). *Estructuras placas solares*. Obtenido de Estructura de aluminio para SUPERFICIE plana, 1: <https://www.monsolar.com/estructura-de-aluminio-para-superficie-plana-1-panel-12-voltios-vertical.html>

Monsolar. (08 de Septiembre de 207). *No conectar baterías en paralelo*. Obtenido de No se deben conectar baterías solares en PARALELO: <https://www.monsolar.com/blog/no-conectar-baterias-en-paralelo/>

Municipio de Anapoima Cundinamarca. (11 de Diciembre de 2006). Plano S5_01_BIBLIOTECA ANAPOIMA V1. *Plano de Diseño Electrico*. Anapoima - Cundinamarca, S5_01_BIBLIOTECA ANAPOIMA V1-Layout1, Colombia: Documento Memorias de Proyectos Alcaldia.

NASA. (20 de Julio de 2017). *Surface meteorology and Solar Energy* . Obtenido de A renewable energy resource web site (release 6.0): <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETSscreen/>

- Orbegozo, M., & Arivilca, I. (2010). Energía Solar Fotovoltaica. En M. S. Orbegozo, *Manual técnico para instalaciones domiciliarias* (págs. 10 - 45). Perú: Green Energy Consultoría y Servicios SRL.
- República de Colombia. (9 de Junio de 2016). *Congreso de Colombia - Secretaria del Senado*. Obtenido de Ley 1715 de 2014:
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html
- Selenova, P. (08 de Septiembre de 2017). *Mercado Electrico*. Obtenido de Revista bimensal do sector energético: <https://revistame.wordpress.com/tag/exzhellent-solar/>
- sostenibilidad, t. -U. (15 de Enero de 2017). *¿CÓMO FUNCIONA LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA?* Obtenido de *¿Qué es la energía solar?*:
<https://twenergy.com/a/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica-339>
- Stock, E. (12 de Septiembre de 2017). *Materiales Electricos*. Obtenido de Portafusibles y Fusibles:
http://www.electrostock.com.ar/estructura/secciones/s_producto.php?mIdCategoria=105042356
- TopCable. (08 de Septiembre de 2017). <http://personales.unican.es/>. Obtenido de Métodos de instalación de referencia:
<http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Tabla%20L%C3%ADneas.pdf>
- Trinasolar, E. (25 de Agosto de 2017). <http://www.trinasolar.com>. Obtenido de Trinasolar:
<http://www.trinasolar.com:81/es/resources/downloads>
- World Economic Forum. (25 de Febrero de 2016). *New Release*. Obtenido de Más muros, más calentamiento, menos agua: Un mundo en riesgo en 2016:
http://www3.weforum.org/docs/Media/GRR16/GRR16_NR_ES.pdf

Anexo 1. Estación meteorológica las mercedes

Imagen 40. Estaciones meteorológicas relacionadas en la zona y ficha técnica de la estación relacionada en el proyecto



(IDEAM - Instituto de Hidrología, Solicitud de Información, 2017)

Imagen 41. Fotografías de la estación las mercedes

Estación metrológica de Las Mercedes – Anapoima Cundinamarca (Visita del 3 abril -2017)



(Castillo, 2017)

Estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en la casa cultural y baños públicos de la plaza principal simón bolívar de Anapoima, Cundinamarca.

Anexo 2. Variables solicitadas al Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM.

Información de base de la estación.

Registro asignando por el Instituto de Estudios Ambientales de Colombia e identificación de la Estación base.

Código	Nombre	Corriente	Elevación	Municipio	Tipo
773	MERCEDES LAS [21205660]	BOGOTA	810.0	Anapoima	Climatológica Ordinaria

Tabla 28. Información de base de la estación.

Variables Atmosféricas solicitadas en la estación.

Estas son las variables solicitadas al Instituto de Estudios Ambientales de Colombia, información registrada por operarios de la zona y enviados a su sede principal en el país.

Variables solicitadas al IDEAM	
Registro	Registro
Brillo solar horaria (horas)	Temperatura media máxima (°C)
Brillo Solar (horas)	Temperatura media Mínima (°C)
Nubosidad (octas)	Temperatura Mínima (°C)
Temperatura Máxima (°C)	Velocidad Dirección Viento (V) (m/s) v/d
Temperatura Media (°C)	Viento (8 direc y veloc., horarios y medios y estadísticos, diarias y horarias)

Tabla 29. Parámetros de mediación de la estación climatológica.

Bases de datos relacionales

EVALUACION HORARIA DEL BRILLO SOLAR
01.EvaHorariaBrilSolar

VALORES TOTALES DIARIOS DE RECORRIDO DEL VIENTO (Kms)
09.ValTotDiaRecorrVientKms

VALORES TOTALES DIARIOS DE BRILLO SOLAR
02.ValTotaDiariBrillSolar

VALORES MEDIA-MINI MENSUALES DE TEMPERATURA (oC)
10.ValMedMinMenTempoC

VALORES TOTALES DIARIOS DE EVAPORACION (mms)
03.ValTotDiaEvapomms

VALORES MEDIA-MAXI MENSUALES DE TEMPERATURA (oC)
11.ValMedMaxMenTempoC

VALORES MEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD RELATIVA (%)
04.ValMedDiaHumeRela%

VALORES No DIAS MENSUALES DE PRECIPITACION
12.ValNDiasMensPrecipitacion

VALORES TOTALES DIARIOS DE PRECIPITACION (mms)
05.ValTotDiarPrecipitmms

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)
13.ValMaxMensPrecip mms

VALORES MEDIOS DIARIOS DE

VALORES MEDIOS MENSUALES DE

TEMPERATURA (oC)
06.ValMedDiaTemoC

NUBOSIDAD (Octas)
14.ValMedMenNubosi octas

VALORES MINIMOS DIARIOS DE
TEMPERATURA (oC)
07.ValMinDiaTemoC

VALORES TOTALES MENSUALES DE
EVAPORACION (mms)
15.ValTotMenEvapo

VALORES MAXIMOS DIARIOS DE
TEMPERATURA (oC)
08.ValMaxDiaTemoC

Anexo 3. Información complementaria de la página Surface meteorology and Solar Energy.

Tabla 30. Información detallada de la zona de estudio. (NASA, 2017)

Información suministrada por Surface meteorology and Solar Energy								
Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del viento	Temperatura de la Tierra	Grado – días de calefacción	Grado-días de enfriamiento
	DO	%	kWh / m ² / d	Kpa	Sra	DO	Discos compactos	Discos compactos
enero	19,2	76,6%	4,86	85,7	1,6	20,6	0	292
febrero	19,7	75,1%	4,83	85,7	1,7	21,4	0	277
marzo	19,7	78,8%	4,91	85,7	1,7	21,4	0	305
abril	19,6	80,8%	4,65	85,7	1,6	21,2	0	289
Mayo	19,4	79,7%	4,72	85,8	1,6	20,8	1	292
junio	18,9	77,8%	4,83	85,9	1,9	20,2	2	267
julio	18,9	70,8%	5,00	85,9	2,0	20,3	3	275
agosto	19,7	63,9%	5,07	85,9	1,8	21,4	0	303
septiembre	20,2	65,0%	5,03	85,8	1,7	22,1	0	307
octubre	19,7	74,5%	4,70	85,8	1,5	21,4	0	302
noviembre	19,2	81,1%	4,60	85,7	1,5	20,5	0	278
diciembre	19,0	80,7%	4,60	85,7	1,7	20,2	0	286
Anual	19,4	75,4%	4,82	85,8	1,7	20,9	6	3473
Medido en (m)					10,0	0,0		

Anexo 4. Inventario equipos. Casa de la cultura.

Zona o Área del Edificio	Equipo	Cantidad de Equipos	Unidad Watt	General Total	Unidad Amp	Unidad Voltaje	Tiempo Aproximado de Uso (h/día)	Consumo de energía Estimado (Wh/día)	Consumo de Energía Ajustado (Wh/día)	% de Consumo		
Biblioteca	Portatil Smart	12	61,56 Watt	738,72 Watt	3,42 Amp	18 Vol	4	2.954,88	3.405,58	21,61%		
	Ventiladores Genericos	8	47 Watt	376 Watt	0,39 Amp	120 Vol	4	1.504,00	1.733,40			
	Lamparas Halogenas 4 Bombillas de 17W	36	68 Watt	2448 Watt	0,57 Amp	120 Vol	2,1	5.140,80	5.924,91			
	Lamparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	22	36 Watt	792 Watt	0,30 Amp	120 Vol	3,6	2.851,20	3.286,09			
	DVD LG	1	9 Watt	9 Watt	0,08 Amp	120 Vol	1	9,00	10,37			
	TV LG de 42"	1	120 Watt	120 Watt	1,00 Amp	120 Vol	1	120,00	138,30			
	Reproductor de Sonido con MP3	1	13 Watt	13 Watt	0,11 Amp	120 Vol	0,5	6,50	7,49			
	Pistola laser de lectura de codigos	1	2 Watt	2 Watt	0,02 Amp	120 Vol	0,5	1,00	1,15			
	Portatil Core I7	2	80 Watt	160 Watt	4,00 Amp	20 Vol	5	800,00	922,02			
	Computadores de escritorio HP todo en uno	2	120 Watt	240 Watt	6,00 Amp	20 Vol	5	1.200,00	1.383,03			
	Impresoras Epson Multifuncional m200	2	10 watt	20 Watt	0,08 Amp	120 Vol	1,25	25,00	28,81			
	Impresora HP HP LaserJet Pro series M1130	1	365 Watt	365 Watt	3,04 Amp	120 Vol	1,25	456,25	525,84			
	Ventiladores Mitsubishi Medianos	2	57 Watt	114 Watt	0,48 Amp	120 Vol	6	684,00	788,33			
	Ventiladores Pequeños	2	28 Watt	56 Watt	0,23 Amp	120 Vol	3,8	212,80	245,26			
	Lamparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	8	36 Watt	288 Watt	0,30 Amp	120 Vol	2,8	806,40	929,40			
	Baños Internos	Lamparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	8	36 Watt	288 Watt	0,30 Amp	120 Vol	2,8	806,40		929,40	2,18%
	Hall Plazoleta	Lamparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	12	36 Watt	432 Watt	0,30 Amp	120 Vol	1,1	475,20		547,68	
Salon de Danzas - Auditorio	Lamparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	12	36 Watt	432 Watt	0,30 Amp	120 Vol	1,1	475,20	547,68	1,29%		
	Lamparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	40	36 Watt	1440 Watt	0,30 Amp	120 Vol	2,1	3.024,00	3.485,24			
Salon de Danzas - Auditorio	Tomas Dobles	5	0 Watt	0 Watt	0,00 Amp	120 Vol	0	-	-	5,87%		
	Bombilla Ahorradora de 40 W	12	40 Watt	480 Watt	0,33 Amp	120 Vol	2,1	1.008,00	1.161,75			
	Ventiladores Mitsubishi Medianos	3	57 Watt	171 Watt	0,48 Amp	120 Vol	1,8	307,80	354,75			
	Ventiladores Mitsubishi Medianos	1	57 Watt	57 Watt	0,48 Amp	120 Vol	6,4	364,80	420,44			
Oficina Turismo	TV LG de 42"	1	94 Watt	94 Watt	0,78 Amp	120 Vol	2	188,00	216,68	3,87%		
	Nevera Mediana	1	98 Watt	98 Watt	0,82 Amp	120 Vol	4	392,00	451,79			
	Computadores de escritorio HP todo en uno	2	120 Watt	240 Watt	6,00 Amp	20 Vol	4,2	1.008,00	1.161,75			
	Impresoras Lasser	1	440 Watt	440 Watt	3,67 Amp	120 Vol	0,2	88,00	101,42			
Salon Exposiciones	Lamparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	6	36 Watt	216 Watt	0,30 Amp	120 Vol	3,8	820,80	945,99	0,63%		
	Lamparas de 12V	60	4 Watt	240 Watt	0,33 Amp	12 Vol	1	240,00	276,61			
	Tomas Dobles	8	0 Watt	0 Watt	0,00 Amp	120 Vol	0,2	-	-			
	Lamparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	47	36 Watt	1692 Watt	0,30 Amp	120 Vol	0,1	169,20	195,01			
Salón Vive Digital	Lampas de Incrustacion M85244 1xCDM-Tm20W/830 K EB 24 PI GR	7	20 Watt	140 Watt	0,17 Amp	120 Vol	0,2	28,00	32,27	64,54%		
	Salida para Kardam con tres bombillos dicriaco de 50w, cada uno	6	50 watt	300 Watt	0,42 Amp	120 Vol	0,1	30,00	34,58			
	Pc Compaq HP Compaq Pro 4300	22	85 Watt	1870 Watt	0,71 Amp	120 Vol	3,8	7.106,00	8.189,86			
	Monitores de 24" Hp LE1851w	22	180 Watt	3960 Watt	1,50 Amp	120 Vol	3,8	15.048,00	17.343,24			
	Computadores de escritorio HP All-in-One • 22•3015la (táctil) [ENERGY S	2	120 Watt	240 Watt	6,00 Amp	20 Vol	4,8	1.152,00	1.327,71			
	Impresoras Lasser HP	1	440 Watt	440 Watt	5,30 Amp	120 Vol	2	880,00	1.014,22			
	Impresora hp officjet pro 8500	1	40 Watt	40 Watt	0,33 Amp	120 Vol	0,2	8,00	9,22			
	Router de 32 puertos CISCO	3	16 Watt	48 Watt	0,13 Amp	120 Vol	24	1.152,00	1.327,71			
	Servidor de RED	1	350 Watt	350 Watt	2,92 Amp	120 Vol	24	8.400,00	9.681,23			
	Modem	2	100 Watt	200 Watt	0,83 Amp	120 Vol	24	4.800,00	5.532,13			
	Wifi	1	25 Watt	25 Watt	0,21 Amp	120 Vol	24	600,00	691,52			
	Ventiladores Samurai Medianos	5	57 Watt	285 Watt	0,48 Amp	120 Vol	4,2	1.197,00	1.379,58			
	Sistema de Sonido	1	68 Watt	68 Watt	0,57 Amp	120 Vol	6,5	442,00	509,42			
	Video beam	1	568 Watt	568 Watt	4,73 Amp	120 Vol	0,15	85,20	98,20			
	Lamparas circulares Bombillas ahorradoras x 2	12	36 Watt	432 Watt	0,30 Amp	120 Vol	3,8	1.641,60	1.891,99			
	Lamparas Halogenas 4 Bombillas de 17W	20	68 Watt	1360 Watt	0,57 Amp	120 Vol	3,8	5.168,00	5.956,26			
	Consumo estimado de energía por día (Wh/día)								73.877,03		85.145,33	
Consumo estimado de energía por mes (Wh/mes)								2.216.310,90	2.554.359,86			
Consumo estimado de energía por mes (kWh/mes)								2.216,31	2.554,36			
Consumo Factura por mes Recibo Maximo								1.923,00	2.216,31			

Zona o Área del Edificio	% de Consumo
Biblioteca	21,61%
Baños Internos	2,18%
Hall Plazoleta	1,29%
Oficina Turismo	3,87%
Salon de Danzas - Auditorio	5,87%
Salon Exposiciones	0,63%
Salón Vive Digital	64,54%

Inventario	
Zona o Área del Edificio	Consumo de energía Estimado (Wh/día)
Biblioteca	18.400,60
Baños Internos	1.858,80
Hall Plazoleta	1.095,36
Oficina Turismo	3.298,07
Salon de Danzas - Auditorio	5.001,74
Salon Exposiciones	538,46
Salón Vive Digital	54.952,29

Porcentaje de ajuste

$$\% \text{ de ajuste} = \frac{\text{Consumo total estimado de energía por mes (kWh)} \cdot 100}{\text{Consumo facturado de energía por mes (kWh)}} = \frac{115,25}{15,25}$$

Anexo 5. Resumen de consumos anuales de la Casa de la cultura.

Numero de Cuenta 5095895
Datos del Cliente
Municipio de Anapoima
Anapoima Kr 2 2-22 Casa de la Cultura
Barrio Anapoima

Estrato 0 Nivel de Tension 1
Carga contratada 52

Fecha	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia	Factor	Total Consumo	Valor Promedio KWh	Valor Factura	Trabajos Otros
2017 Marzo	32158	30397	1761	1	1761	447,5775 \$	803.710,00	
2017 Febrero	30397	28568	1829	1	1829	440,8403 \$	823.890,00	
2017 Enero	28568	27188	1380	1	1380	524,3094 \$	723.547,00	
2016 Diciembre	27188	25753	1435	1	1435	513,5463 \$	736.939,00	
2016 Noviembre	25753	24608	1145	1	1145	504,6847 \$	577.864,00	
2016 Octubre	24608	23675	933	1	933	523,3236 \$	488.261,00	
2016 Septiembre	23675	22572	1103	1	1103	519,7642 \$	587.290,00	
2016 Agosto	22572	21684	888	1	888	514,5123 \$	456.887,00	
2016 Julio	21684	20755	929	1	929	495,6609 \$	473.408,00	\$ 1.658.810,00
2016 Junio	20755	19670	1085	1	1085	504,0875 \$	561.000,00	
2016 Mayo	19670	18379	1291	1	1291	524,2052 \$	519.630,00	
2016 Abril	18379	17509	870	1	870	534,2908 \$	480.370,00	
2016 Marzo	17509	16432	1077	1	1077	539,207 \$	593.660,00	
2016 Febrero	16432	15298	1134	1	1134	520,5149 \$	603.200,00	
2016 Enero	15298	13375	1923	1	1923	510,5673 \$	992.920,00	
2015 Diciembre	13375	11498	1877	1	1877	507,7895 \$	965.900,00	
2015 Noviembre	11498	9902	1596	1	1596	493,6842 \$	799.750,00	
2015 Octubre	9902	8324	1578	1	1578	475,832 \$	766.815,00	\$ 1.044.860,00
2015 Septiembre	8324	6905	1419	1	1419	468,9112 \$	896.940,00	
2015 Agosto	6905	5578	1327	1	1327	460,7026 \$	622.450,00	
2015 Julio	5578	4383	1195	1	1195	475,764 \$	581.790,00	
2015 Junio	4383	3093	1290	1	1290	457,3914 \$	772.300,00	
2015 Mayo	3093	1911	1182	1	1182	457,5016 \$	625.120,00	\$ 1.048.330,00
2015 Abril	1911	586	1325	1	1325	453,9026 \$	809.560,00	

Valor \$ 16.263.201,00

Anexo 6. Ficha Técnica de Paneles Solares TRINASOLAR TSM-325- PD14

Mono
Multi
Soluciones

TALLMAX MODULE

TSM-PD14

72 CÉLULAS
MÓDULO MULTICRISTALINO

320-335W
RANGO DE POTENCIA

17,3%
MÁXIMA EFICIENCIA

0/+5W
TOLERANCIA POSITIVA DE POTENCIA

Ideal para grandes proyectos

- Mayor superficie con más potencia que disminuye el tiempo de instalación y los costes del BOS
- Optimizado para instalaciones con seguidor

Uno de los módulos con mayor confianza de la industria

- Rendimiento probado en campo
- Solidez financiera de Trina Solar confirmada por bancos e inversores

Altamente fiable gracias a su riguroso control de calidad

- Todos los módulos han de pasar una inspección de electroluminescencia
- Más de 30 tests en fábrica (UV, TC, HF, y muchos más)
- Los tests en fábrica van más allá de los requisitos de certificación
- Resistente a la degradación inducida por potenciales eléctricos
- Certificado UL 1000 V / IEC 1000 V

Certificado para condiciones medioambientales extremas

- Cargas de viento de 130 km/h (2400 Pa)
- Cargas de nieve de 900 kg por módulo (5400 Pa)
- Piedra de granizo de de 35 mm a 97 km/h
- Resistencia al amoníaco
- Resistencia a la niebla salina
- Resistencia a la abrasión por arena y polvo

Productos detallados y certificados de sistema

IEC61215/IEC61730/UL1703/IEC61701/IEC62716
 ISO 9001: Sistema de gestión de calidad
 ISO 14001: Sistema de gestión medioambiental
 ISO14064: Verificación de gases efecto invernadero
 OHSAS 18001: Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional

GARANTÍA DE POTENCIA LINEAL

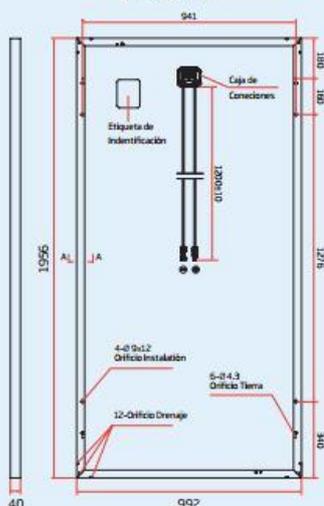
10 años garantía de producto · 25 años garantía de potencia lineal

Años	Potencia Garantizada (Trina Solar)	Potencia Garantizada (Estándar del sector)
0	97.5%	97.5%
5	95.0%	97.5%
10	92.5%	97.5%
15	90.0%	97.5%
20	87.5%	97.5%
25	85.0%	97.5%

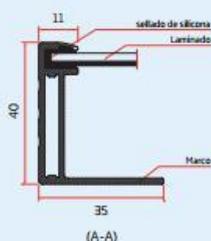
TALLMAX

TSM-PD14

DIMENSIONES DEL MÓDULO FV
TSM-PD14
(Unidad: mm)

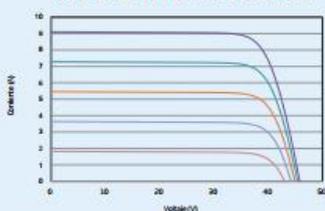


Vista trasera

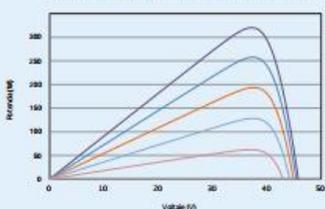


(A-A)

CURVAS I-V DEL MÓDULO FV (320W)



CURVAS P-V DEL MÓDULO FV (320W)



DATOS ELÉCTRICOS EN CONDICIONES STC	TSM-320 PD14	TSM-325 PD14	TSM-330 PD14	TSM-335 PD14
Potencia nominal- P_{max} (Wp)*	320	325	330	335
Tolerancia de potencia nominal (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión en el punto P_{max} - V_{MPP} (V)	37,1	37,2	37,3	37,6
Corriente en el punto P_{max} - I_{MPP} (A)	8,63	8,76	8,87	8,91
Tensión en circuito abierto- V_{oc} (V)	45,8	45,9	46,1	46,3
Corriente de cortocircuito- I_{sc} (A)	9,10	9,25	9,38	9,39
Eficiencia del módulo η_m (%)	16,5	16,8	17,0	17,3

STC: Irradiancia 1000W/m², temperatura de célula 25°C, masa de aire AM1.5
*Tolerancia en la medida: ±3%

DATOS ELÉCTRICOS EN CONDICIONES TONC	TSM-320 PD14	TSM-325 PD14	TSM-330 PD14	TSM-335 PD14
Potencia máx.- P_{MAX} (Wp)	238	242	246	249
Tensión en el punto P_{max} - V_{MPP} (V)	34,4	34,5	34,6	34,9
Corriente en el punto P_{max} - I_{MPP} (A)	6,91	7,02	7,11	7,14
Tensión en circuito abierto- V_{oc} (V)	42,5	42,6	42,7	42,9
Corriente de cortocircuito- I_{sc} (A)	7,35	7,47	7,57	7,58

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

DATOS MECÁNICOS

Células solares	Multicristalinas 156,75 × 156,75 mm
Distribución de las células	72 células (6 × 12)
Dimensiones del módulo	1956 × 992 × 40 mm
Peso	22,5 kg
Vidrio	3,2 mm, alta transparencia, recubrimiento AR y vidrio solar templado
Capa trasera	Blanca
Marco	Aleación de Aluminio anodizado
Caja de conexiones	IP 67 or IP 68 rated
Cables	Resistente a los rayos UV, sección de cables 4,0 mm ² , 1200 mm
Conector	Países de la UE: MC4 / UTX, Países no miembros de la UE: QC4

LÍMITES DE TEMPERATURA

Temperatura de Operación Nominal de la Célula (TONC)	44°C (±2K)
Coefficiente de temperatura de P_{MAX}	-0,41%/K
Coefficiente de temperatura de V_{oc}	-0,32%/K
Coefficiente de temperatura de I_{sc}	0,05%/K

LÍMITES OPERATIVOS

Temperatura de operación	-40 a +85°C
Tensión máxima del sistema	1000V DC (IEC) 1000V DC (UL)
Capacidad máxima del fusible*	15 A
Carga de nieve	5400 Pa
Carga de viento	2400 Pa

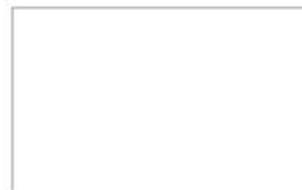
*NO conectar fusibles en la caja de conexiones con dos o más strings en conexión paralela

GARANTÍA

10 años de garantía de fabricación
25 años de garantía de potencia lineal
(Consulte la garantía de producto para más información)

CONFIGURACIÓN DE EMBALAJE

Módulos por caja: 27 uds.
Módulos por contenedor de 40': 648 uds.



TSM_ES_2017_A

Trinasolar

PRECAUCIÓN: LEA LAS INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD E INSTALACIÓN ANTES DE UTILIZAR EL PRODUCTO.
© 2016 Trina Solar Limited. Todos los derechos reservados. Las especificaciones incluidas en esta hoja de producto están sujetas a cambios sin previo aviso. www.trinasolar.com

Anexo 7. Ficha Técnica de Inversor de carga SUNNY TRIPOWER

SUNNY TRIPOWER 12000TL-US / 15000TL-US /
20000TL-US / 24000TL-US / 30000TL-US



Design flexibility

- 1000 V DC or 600 V DC
- Two independent DC inputs
- 15° to 90° mounting angle range
- Detachable DC Connection Unit

System efficiency

- 98.0% CEC, 98.6% Peak
- 1000 V DC increases system efficiency
- OptiTrac Global Peak MPPT

Enhanced safety

- Integrated DC AFCI
- Floating system with all-pole sensitive ground fault protection
- Reverse polarity indicator in combination with Connection Unit

Future-proof

- Complete grid management feature set
- Integrated Speedwire, WebConnect, ModBus interface
- Bi-directional Ethernet communications
- Utility-interactive controls for active and reactive power

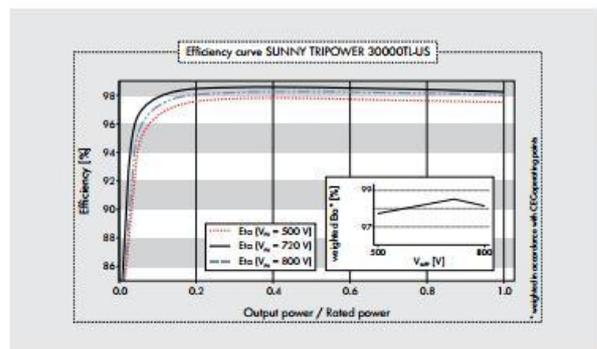
SUNNY TRIPOWER 12000TL-US / 15000TL-US / 20000TL-US / 24000TL-US / 30000TL-US

The ultimate solution for decentralized PV plants, now up to 30 kilowatts

The world's best-selling three-phase PV inverter, the SMA Sunny Tripower TL-US, is raising the bar for decentralized commercial PV systems. This three-phase, transformerless inverter is UL listed for up to 1000 V DC maximum system voltage and has a peak efficiency above 98 percent, while OptiTrac Global Peak minimizes the effects of shade for maximum energy production. The Sunny Tripower delivers a future-proof solution with full grid management functionality, cutting edge communications and advanced monitoring. The Sunny Tripower is also equipped with all-pole ground fault protection and integrated AFCI for a safe, reliable solution. It offers unmatched flexibility with a wide input voltage range and two independent MPP trackers. Suitable for both 600 V DC and 1,000 V DC applications, the Sunny Tripower allows for flexible design and a lower levelized cost of energy.

www.SMA-America.com

Technical data	Sunny Tripower 12000TL-US	Sunny Tripower 15000TL-US	Sunny Tripower 20000TL-US	Sunny Tripower 24000TL-US	Sunny Tripower 30000TL-US
Input (DC)					
Max. array power	18000 Wp STC	22500 Wp STC	30000 Wp STC	36000 Wp STC	45000 Wp STC
Max. DC voltage	* 1000 V				1000 V
Rated MPPT voltage range	300 V...800 V	300 V...800 V	380 V...800 V	450 V...800 V	500 V...800 V
MPPT operating voltage range	150 V...1000 V				
Min. DC voltage / start voltage	150 V / 188 V				
Number of MPP tracker inputs	2				
Max. operating input current / per MPP tracker	66 A / 33 A				
Max. short circuit current per MPPT / string input	53 A / 53 A				
Output (AC)					
AC nominal power	12000 W	15000 W	20000 W	24000 W	30000 W
Max. AC apparent power	12000 VA	15000 VA	20000 VA	24000 VA	30000 VA
Output phases / line connections	3 / 3-NPE				3 / 3-NPE, 3-PE
Nominal AC voltage	480 / 277 V WYE				480 / 277 V WYE, 480 V Delta
AC voltage range	244 V...305 V				
Rated AC grid frequency	60 Hz				
AC grid frequency / range	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz...+5 Hz				
Max. output current	14.4 A	18 A	24 A	29 A	36.2 A
Power factor at rated power / adjustable displacement	1 / 0.0 leading...0.0 lagging				
Harmonics	< 3%				
Efficiency					
Max. efficiency / CEC efficiency	98.2% / 97.5%	98.2% / 97.5%	98.5% / 97.5%	98.5% / 98.0%	98.6% / 98.0%
Protection devices					
DC reverse polarity protection					●
Ground fault monitoring / grid monitoring					●
All-pole sensitive residual current monitoring unit					●
DC AFCI compliant to UL 1699B					●
AC short circuit protection					●
Protection class / overvoltage category					I / IV
General data					
Dimensions (W / H / D) in mm (in)					665 / 650 / 265 (26.2 / 25.6 / 10.4)
Packing dimensions (W / H / D) in mm (in)					780 / 790 / 380 (30.7 / 31.1 / 15.0)
Weight					55 kg (121 lbs)
Packing weight					61 kg (134.5 lbs)
Operating temperature range					-25°C...+60°C
Noise emission (typical) / internal consumption at night					51 dB(A) / 1 W
Topology					Transformerless
Cooling concept / electronics protection rating					OptiCool / NEMA 3R
Features					
Display / LED indicators (Status / Fault / Communication)					- / ●
Interface: RS485 / Speedwire, WebConnect					○ / ●
Data interface: SMA Modbus / SunSpec ModBus					● / ●
Mounting angle range					15°...90°
Warranty: 10 / 15 / 20 years					● / ○ / ○
Certifications and approvals	UL 1741, UL 1741SA, CA Rule 21, UL 1998, UL 1699B, IEEE 1547, FCC Part 15 (Class A & B), CAN/CSA C22.2 107.1-1				
NOTE: US inverters ship with gray lids. Data at nominal conditions, August 2017. *Suitable for 600 V DC max. systems					
● Standard features ○ Optional features – Not available					
Type designation	STP 12000TL-US-10	STP 15000TL-US-10	STP 20000TL-US-10	STP 24000TL-US-10	STP 30000TL-US-10
Accessories					
 RS485 interface DNI-4B5CB-US-10	 Connection Unit CU 1000-US-11	 SMA Cluster Controller CLCON-10			



Anexo 8. Factores de corrección en intensidades admisibles en conductores para instalaciones aéreas y cerradas

UNE 20460-5-523:2004. INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS. TEMPERATURA AMBIENTE 40 °C EN EL AIRE													
Método de instalación		Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
Ver tabla 4.7	A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
	A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
	B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
	B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
	C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
	E							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
	F								PVC3		PVC2	XLPE3	
Columna 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección (mm ²)													
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35	—	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50	—	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70	—	—	—	149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95	—	—	—	180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120	—	—	—	208	225	240	260	280	301	314	348	380
	150	—	—	—	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	—	—	—	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	—	—	—	315	350	374	401	435	468	490	552	590	

UNE 20460-5-523:2004. INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS. TEMPERATURA AMBIENTE 25 °C EN EL TERRENO										
Método de instalación	Sección (mm ²)	Número de conductores de cobre cargados y tipo de aislamiento				Número de conductores de aluminio cargados y tipo de aislamiento				
		PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3	PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3	
D	1,5	20,5	17	24,5	21					
	2,5	27,5	22,5	32,5	27,5	20,5	17	24,5	21	
	4	36	29	42	35	27,5	22,5	32,5	27,5	
	6	44	37	53	44	34	28	40	34	
	10	59	49	70	58	45	38	53	45	
	16	76	63	91	75	58	49	70	58	
	25	98	81	116	96	76	62	89	74	
	35	118	97	140	117	91	76	107	90	
	50	140	115	166	138	107	89	126	107	
	70	173	143	204	170	133	111	156	132	
	95	205	170	241	202	157	131	185	157	
	120	233	192	275	230	179	149	211	178	
	150	264	218	311	260	202	169	239	201	
	185	296	245	348	291	228	190	267	226	
	240	342	282	402	336	263	218	309	261	
300	387	319	455	380	297	247	349	295		

† Tabla 4.6. Intensidades admisibles en conductores de instalaciones al aire y enterradas.

Método de Instalación	Descripción
A1	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante
A2	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante
B1	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera
B2	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera
C	Cable mono o multiconductor fijado sobre una pared de madera
D	Cable multiconductor en conductos enterrados
E	Cable monoconductor al aire libre
F	Cable multiconductor al aire libre
G	Conductores desnudos o aislados sobre aisladores

† Tabla 4.7. Métodos de instalación de referencia.

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTES DE 40 °C A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES PARA CABLES AL AIRE															
Aislamiento	Temperatura ambiente (°C)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
PVC (Termoplástico)	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	--	--	--	--
XLPE, EPR (Termoestable)	1,26	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,45

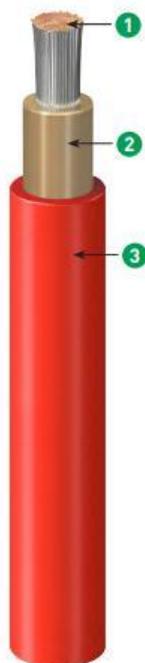
† Tabla 4.8. Factor de corrección para instalaciones al aire y temperatura distinta de 40° C.

FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE VARIOS CIRCUITOS O DE VARIOS CABLES MULTICONDUCTORES A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES										
Punto	Disposición de los cables	Número de circuitos o de cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Agrupados sobre una superficie al aire, empotrados o embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto)	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre pared, suelo o bandejas sin perforar	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	--	--	--
3	Capa única fijada bajo techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	--	--	--
4	Capa única sobre bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	--	--	--
5	Capa única sobre escaleras de cable, abrazaderas, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	--	--	--

NOTAS:
1. Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.
2. Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes, es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de corrección alguno.
3. Los mismos factores se aplican a:
– grupos de dos o tres cables unipolares;
– cables multiconductores.
4. Si un agrupamiento se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos, y se aplica el factor de corrección a las tablas de dos conductores cargados para los cables de dos conductores y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.
5. Si un agrupamiento se compone de n conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como n/2 circuitos de dos conductores cargados o n/3 circuitos de tres conductores cargados.

† Tabla 4.9. Factor de corrección por agrupamiento de conductores.

Anexo 9. Cable de Baja Tensión EXZHELLENT Solar ZZ-F



Descripción

- 1. Conductor:** Cobre estañado, flexible clase 5.
- 2. Aislamiento:** Elastómero reticulado libre de halógenos.
- 3. Cubierta Exterior:** Elastómero reticulado libre de halógenos.

Aplicaciones

Para conexionado entre placas fotovoltaicas y entre placas fotovoltaicas e inversor (sistemas de corriente continua).

Características

- Cable de seguridad, no propagador de la llama, libre de halógenos y de reducida opacidad de los humos emitidos.
- Resistencia a la intemperie.
- Trabajo a temperaturas ambientes extremas, desde -40 °C hasta +90 °C.

- Temperatura máx. en el conductor de 120 °C durante 20.000 horas (EN 50168, tabla A.3).
- Excelentes prestaciones mecánicas.
- Servicios móviles. No recomendado para instalación enterrada.
- Garantía de funcionamiento mínima de 25 años.
- Intensidades máx. admisibles con temperatura ambiente de 60 °C y temperatura máxima en el conductor de 120 °C.
- Producto no recomendado para instalación subterránea, ya sea entubado o enterrado directamente.
- Producto certificado por TÜV - .Cert. No. R.60034574

Especificaciones de Referencia

Especificación **TÜV 2Pfg 1169**
IEC 60332-1-2 - No propagador de la llama
IEC 60754 - Baja acidez y corrosividad de los gases

IEC 61034 - Baja opacidad de los humos emitidos

Información Técnica

Número de Parte	Calibre	Diámetro sobre el aislamiento	Peso total aprox.	Radio de curvatura	*Ampacidad 40°	Caída de Tensión
	mm ²	mm	kg/km	mm	A	$V/A \cdot km$ <small>$\frac{V}{\cos^2-1}$</small>
1614107	1x2.5	5,0	50	20	41	22.87
1619108	1x4	5,8	62	23	55	14.18
1619109	1x6	6,6	85	26	70	9.445
1619110	1x10	8,0	135	32	96	5.433
1614111	1x16	8,8	200	35	132	3.455
1614112	1x25	10,5	295	42	176	2.215
1614113	1x35	11,8	395	47	218	1.574

Nota: * Variable de acuerdo a tipo y lugar de instalación.



exZhellentSOLAR

POR UNA ENERGÍA LIMPIA



CABLES PARA INSTALACIONES DE **ENERGÍA SOLAR** FOTOVOLTAICA

 **General Cable**

exzhellent SOLAR

CABLES PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS EN HUERTAS SOLARES Y TEJADOS.

Los cables **Exzhellent Solar ZZ-F (AS)** y **XZ1FA3Z-K (AS)** han sido diseñados para resistir las exigentes condiciones ambientales que se producen en cualquier tipo de instalación fotovoltaica, ya sea fija, móvil, sobre tejado o de integración arquitectónica.

Con los cables **Exzhellent Solar** conseguirá la máxima eficiencia de sus instalaciones, garantizando la evacuación de la energía producida durante toda la vida útil de su instalación.

CARACTERÍSTICAS OBLIGATORIAS

RESISTENCIA A LA INTEMPERIE



TEMPERATURA MÁXIMA DEL CONDUCTOR:
120° C⁽¹⁾
IEC 60216



RESISTENCIA A TEMPERATURAS EXTREMAS
Mínima: -40°C
IEC 60811-1-4



RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS (UV)
UL 1581



RESISTENCIA AL OZONO
IEC 60811-2-1



RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DE AGUA
IEC 60811-1-3

VIDA ÚTIL



VIDA ÚTIL 30 AÑOS
IEC 60216

RESISTENCIA MECÁNICA



RESISTENCIA AL IMPACTO
IEC 60811-1-4



RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
EN 50305



RESISTENCIA AL DESGARRO
IEC 61034-2

ECOLÓGICO - ALTA SEGURIDAD (AS)



ECOLÓGICO



LIBRE DE HALÓGENOS
IEC 60754-1



BAJA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS
IEC 60754-2



BAJA OPACIDAD DE HUMOS
IEC EN 61034-2



NO PROPAGADOR DEL INCENDIO
IEC 60332-3

(1) Hasta 20.000 horas de funcionamiento [IEC 60216-1]

exZhelent SOLAR

ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

PANELES FOTOVOLTAICOS

TENSIÓN 1,8 kV DC - 0,6 / 1 kV AC



EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Conductor: Cobre estañado clase 5 para servicio móvil [-F]
 Aislamiento: Elastómero termoestable libre de halógenos [Z]
 Cubierta: Elastómero termoestable libre de halógenos [Z]
 Norma: TÜV 2 Pfg 1169/08.2007



Ecológico

SERVICIO MÓVIL



Código	Sección	Color [*]	Diámetro exterior	Peso	Radio Mín. Curvatura	Resist. Máx. del conductor a 20 °C	Intensidad al Aire ^[1]	Caída de tensión en DC
	mm ²		mm ²	kg/km	mm ²	Ω/km	A	V/A.km
1614106	1x1,5	■ ■	4,3	35	18	13,7	30	38,17
1614107	1x2,5	■ ■	5,0	50	20	8,21	41	22,87
1614108	1x4	■ ■	5,6	65	23	5,09	55	14,18
1614109	1x6	■ ■	6,3	85	26	3,39	70	9,445
1614110	1x10	■ ■	7,9	140	32	1,95	96	5,433
1614111	1x16	■ ■	8,8	200	35	1,24	132	3,455
1614112	1x25	■ ■	10,5	295	42	0,795	176	2,215
1614113	1x35	■ ■	11,8	395	47	0,565	218	1,574

Disponibilidad bajo pedido hasta 1x300 mm²

[*] Posibilidad de suministrar con cubierta ■
 [1] Al aire, a 60 °C Según norma TÜV 2 Pfg 1169/08.2007

exZhelent SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

HUERTAS SOLARES

TENSIÓN 1,8 kV DC - 0,6 / 1 kV AC



LA MEJOR PROTECCIÓN MECÁNICA DURANTE EL TENDIDO, LA INSTALACIÓN Y EL SERVICIO

EXZHELLENT SOLAR XZ1FA3Z-K (AS) 1,8 kV DC-0,6/1 kV AC

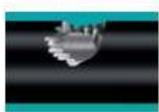
Conductor: Cobre Clase 5 para servicio fijo (-k)
 Aislamiento: Polietileno Reticulado XLPE (X)
 Asiento de Armadura: Poliolefina libre de halógenos (Z1)
 Armadura: Fleje corrugado de AL (FA3)
 Cubierta: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z). Color Negro
 Norma: AENOR EA 0038



Ecológico



Resistente a la acción de los roedores



SERVICIO FIJO














Código	Sección	Diámetro exterior	Peso	Radio Mín. Curvatura	Intensidad al Aire ⁽¹⁾	Intensidad Enterrado ⁽²⁾	Caida tensión en DC
	mm ²	mm ²	kg/km	mm ²	A	A	V/A.km
1618110	1x10	12,0	230	120	80	77	4,87
1618111	1x16	13,0	290	130	107	100	3,09
1618112	1x25	14,8	405	150	140	128	1,99
1618113	1x35	15,9	510	160	174	154	1,41
1618114	1x50	17,5	665	175	210	183	0,984
1618115	1x70	19,8	895	200	269	224	0,694
1618116	1x95	21,6	1.125	220	327	265	0,525
1618117	1x120	23,6	1.390	240	380	302	0,411
1618118	1x150	25,6	1.695	260	438	342	0,329
1618119	1x185	27,5	2.010	275	500	383	0,270
1618120	1x240	30,8	2.615	310	590	442	0,204
1618121	1x300	34,4	3.245	345	659	500	0,163

(1) Al aire a 40°C según UNE 20460-5-523 Tabla A.52-1 bis Método F, 2 conductores cargados
 (2) Enterrado, 25°C, 0,7 m de profundidad, 1,5 K m/W según UNE 20460-5-523 Tabla A.52-2 bis Método D

GUÍA DE INSTALACIÓN DE CABLES FOTOVOLTAICOS **General Cable**

INSTALACIÓN TIPO

1 Sistema de conexión rápida

ex **270eMont** **fastconnect**

Tipo MCA • Int. Máx. 40A DC • Resistencia de contacto 0-3m Ω • +40°C a -100°C IP68 • Secciones de 2,5 a 18 mm² • Longitudes personalizadas

2 Conexión entre placas y paneles fotovoltaicos

ex **270eMont** **SOLAR ZZ-F (AS)** 1,8 kV DC - 0,4/1 kV AC

Secciones habituales desde 1x2,5 hasta 1x25 mm² • Por petición especial de cliente hasta 240 mm² • Certificado TÜV

3 Instalación BT DC entre paneles y cajas de conexión

ex **270eMont** **SOLAR ZZ-F (AS)** 1,8 kV DC - 0,4/1 kV AC

Secciones habituales desde 1x2,5 hasta 1x25 mm² • Por petición especial de cliente hasta 240 mm² • Certificado TÜV

4 Instalación BT DC entre las cajas de conexiones y el Inversor

ex **270eMont** **SOLAR XZ1FA3Z-K (AS)** 1,8 kV DC-0,4/1 kV AC

Según norma AENOR EA0038 Secciones desde 1x4 hasta 1x300 mm² Cable con armadura

5 Instalación BT AC hasta el transformador

ex **270eMont** **SOLAR XZ1FA3Z-K (AS)** 1,8 kV DC - 0,4/1 kV AC

Según norma AENOR EA0038 Secciones desde 1x4 hasta 1x300 mm² Cable con armadura

6 Cables para el circuito de MT

HERSATENE RH21FA3Z1-OL VULPREN HEPR21FA3Z1

Cable recomendado MT hasta 30 kV AT desde 45 kV hasta 400 kV en líneas subterráneas o aéreas Cable con armadura

7 Cables para líneas aéreas

Conductores aéreos desnudos ACSR

Según norma UNE 21018 y UNE-EN 50182 AT desde 45 kV hasta 400 kV Secciones desde 30 mm² hasta 635 mm²

(Cable, 2017)

Anexo 10. Métodos de instalación de referencia

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia		Tabla y columna	
Intensidad admisible para los circuitos simples		Atsamiento	
PVC		XLPE o EPR	
Número de conductores		Número de conductores	
2	3	2	3
	A1	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 7
	A2	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 6
	B1	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 8
	B2	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 7
	C	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 9
	D	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 6
	E	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 12
	F	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 13
	G	Ver UNE 20460-5-523	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Poliétileno reticulado (90°C) **EPR:** Etileno-propileno (90°C) **PVC:** Policloruro de vinilo (70°C)

Atsamiento: $p = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; **Aluminio:** $p_{90} = 1/35 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

Cobre: $p_{90} = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^\circ\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^\circ\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

POTENCIAS NORMALIZADAS DE TRANSFORMADORES (EN KVA):
5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000

FACTORES DE MAYORACIÓN Kg: 1,25 para motores y 1,8 para lámparas de descarga

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de atsamiento												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sección mm²	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
Cobre	15	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	28,5	29	33	
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	28,5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	-	
50	117	125	133	145	155	167	175	188	210	210	-	-	
70	149	160	171	185	199	214	224	244	269	269	-	-	
95	180	194	207	224	241	259	271	296	327	327	-	-	
120	208	225	240	260	280	301	314	348	380	380	-	-	
150	236	260	278	299	322	343	363	404	438	438	-	-	
185	268	297	317	341	368	391	415	464	500	500	-	-	
240	315	350	374	401	435	468	490	552	590	590	-	-	
Aluminio	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-	
2,5	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-	
4	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
6	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
10	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
16	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
25	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	-	
35	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	-	
50	116	122	136	139	151	162	170	187	206	206	-	-	
70	140	148	167	169	183	197	207	230	251	251	-	-	
95	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293	293	-	-	
120	187	197	223	227	246	264	277	312	338	338	-	-	
150	212	225	236	236	259	281	301	316	359	359	-	-	
185	248	265	300	306	332	355	372	372	429	429	-	-	
240	306	332	355	355	382	401	415	461	500	500	-	-	

Anexo 11. Fusibles y Break de Energía Solar



PHOTOVOLTAIC FUSE-LINKS



gPV FUSE-LINKS FOR PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS

NH gPV 1000V DC fuse-links for photovoltaic installations have been developed to offer a compact, safety and economic protection solution in second level panels of photovoltaic installations. The range comprises NH1 fuse-links with rated currents between 25A and 200A, NH2 with rated currents between 200A and 250A and NH3 fuse-links with rated currents between 200A and 400 A. Rated voltage is 1000V DC (direct current). They provide protection against overloads as well as short-circuits (gPV class according to IEC 60269 Standard), with a minimum fusing current of 1,35I_n. Made with ceramic body with high withstand to internal pressure and thermal shock. Contacts are made of silver plated copper or brass and melting elements are made of pure silver in order to avoid the aging and thus keep unalterable the electric characteristics. For these fuse-links we recommend the utilization of 1000V NH ST fuse bases.

	I _n (A)	REFERENCE	BREAKING CAPACITY (kA)	PACKING Un./BOX
NH1	25	373210 (U _t)	30	1/30
	32	373215 (U _t)	30	1/30
	40	373225 (U _t)	30	1/30
	50	373230 (U _t)	30	1/30
	63	373235 (U _t)	30	1/30
	80	373240 (U _t)	30	1/30
	100	373245 (U _t)	30	1/30
	125	373250 (U _t)	30	1/30
	160	373255	30	1/30
	200	373260	30	1/30
NH2	200	373350	30	1/15
	250	373360	30	1/15
NH3	200	373425 (U _t)	30	1/15
	250	373435 (U _t)	30	1/15
	315	373445 (U _t)	30	1/15
	355	373450	30	1/15
	400	373455	30	1/15



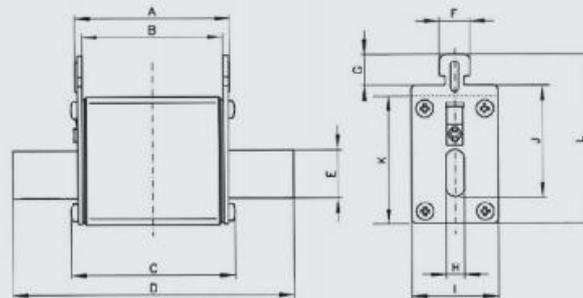
373245



373350

TECHNICAL gPV FUSE-LINKS FOR PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS DIMENSIONS

- NH1
- NH2
- NH3



SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
NH1	68	62	71,5	135	20	10	9,5	6	39	40	52	64
NH2	68	62	71,5	150	25	10	9,5	6	53	48	60	72
NH3	68	62	73	150	32	10	9,5	6	70	60	75	87

STANDARDS
IEC 60269-1
IEC 60269-6
UL 2579

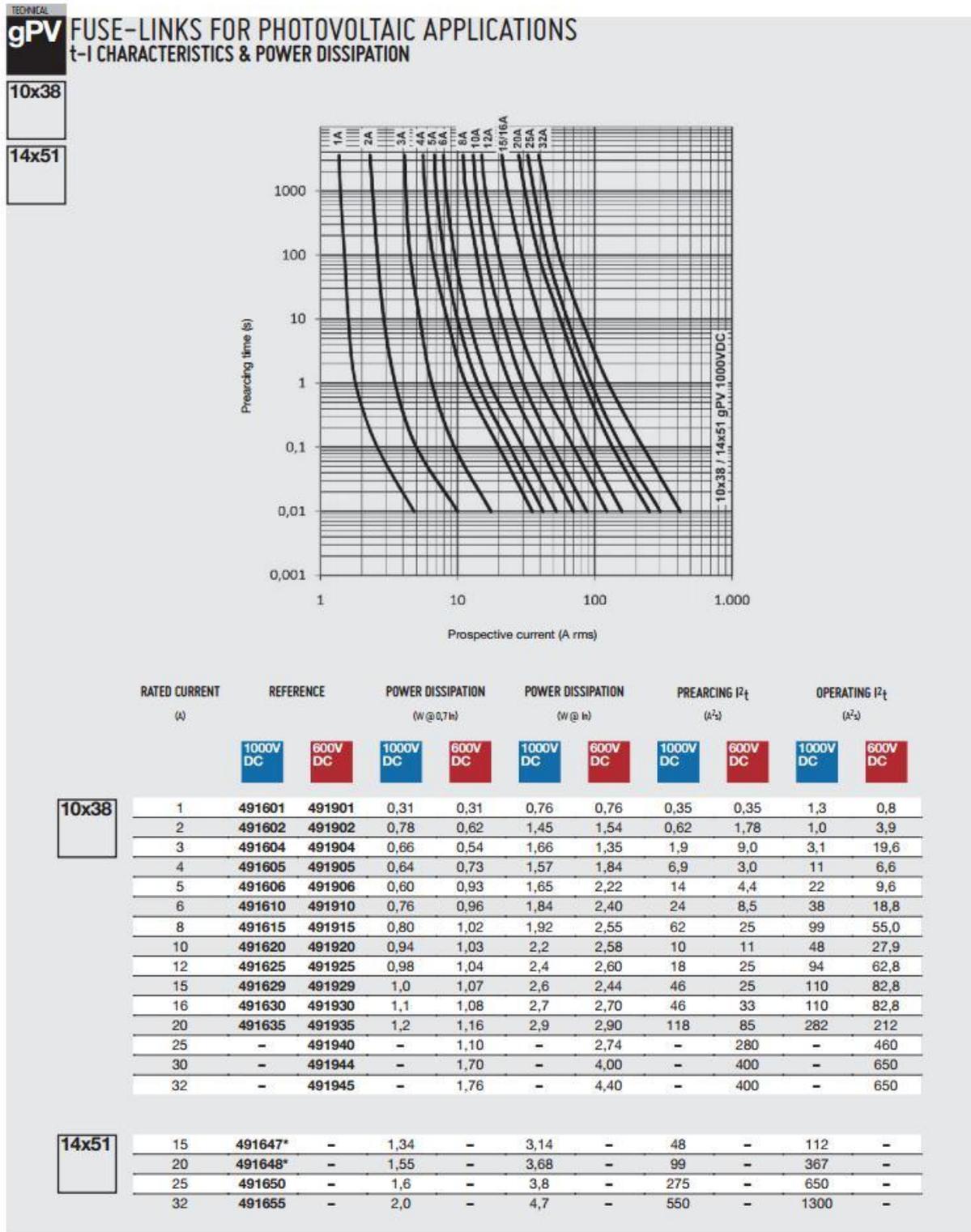
APPROVALS
U_t
[Symbol]

TECHNICAL
I-t CHARACTERISTICS
PAGE 11

TECHNICAL
AMBIENT TEMPERATURE
DERATING FACTOR
PAGE 12

COMPATIBLE
NH FUSE BASES FOR
PHOTOVOLTAIC
APPLICATIONS
PAGE 08

PHOTOVOLTAIC FUSE-LINKS



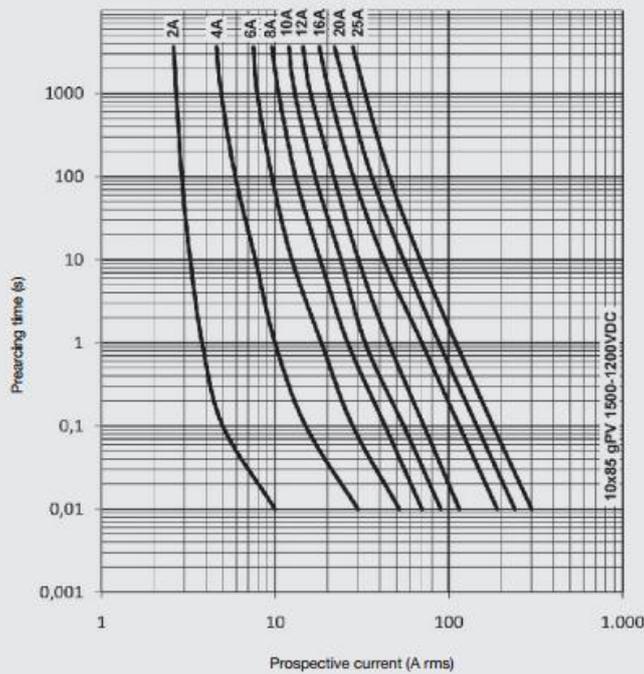
* 1000V DC

PHOTOVOLTAIC FUSE-LINKS



TECHNICAL
gPV FUSE-LINKS FOR PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS
t-I CHARACTERISTICS & POWER DISSIPATION

10x85



	RATED CURRENT (A)	REFERENCE	POWER DISSIPATION (W @ 0,7 W)	POWER DISSIPATION (W @ W)	PREARcing I ² t (A ²)	OPERATING I ² t (A ²)
1500V DC	2	492202	1,28	3,42	0,8	1,1
	4	492205	1,16	2,91	13	17
	6	492210	1,10	2,65	65	84
	8	492215	1,16	2,79	175	225
	10	492220	1,81	4,38	209	269
	12	492225	1,83	4,43	400	515
1200V DC	16	492230	1,75	4,13	136	269
	20	492235	2,13	5,14	242	478
	25	492240	2,28	5,48	545	1075

THE PROTECTION FORMULA

BY **df** Electric

ELECTRONIC



CYLINDRICAL



PHOTOVOLTAIC



RAPIDPLUS



NH



SPECIAL FUSES



DOMESTIC



D & DO



TRANSFORMERS



Anexo 12. Referencias de conectores solares

English Español

Conectores fotovoltaicos para sistemas de energía solar

Inicio Productos Acerca de H-Power Inc. Recorrido virtual Contacto

Productos

- Conectores fotovoltaicos
 - Conector fotovoltaico - Φ2.4mm
 - Conector fotovoltaico - Φ3.0mm
 - Conector fotovoltaico - Φ4.0mm**
 - Conector de derivación
 - Conector fotovoltaico CA
 - Conector de diodos
 - Portafusibles / Conector para fusibles
- Caja de conexiones fotovoltaica
 - Caja de conexiones fotovoltaica - tamaño pequeño
 - Caja de conexiones fotovoltaica - para módulo de capa fina
 - Caja de conexiones - 2 diodos de paso
 - Caja de conexiones - 3 diodos de paso
 - Caja de conexiones - 4 diodos de paso
- Cable fotovoltaico
- Cables solares con conectores
 - Cable de salida
 - Cable de derivación CC
 - Cable para fusible
- Cajas combinadoras
- Microinversor
- Sistemas de aislamiento y protección
 - Interruptor de aislamiento CC SISO
 - Disyuntor de CA
 - Disyuntor de CC
 - Caja de distribución
 - Fusibles
- Sistema de energía solar
- Sistemas de gestión de cables
 - Clips para cables solares
 - Terminales para puesta a tierra
 - Terminales

Inicio » Productos » Conectores fotovoltaicos » Conector fotovoltaico - Φ4.0mm

Vídeo de productos

Conector fotovoltaico Φ4.0mm

Nuestros conectores fotovoltaicos Φ4.0mm incorporan una carcasa de PPO que otorga una resistencia máxima y una prolongada vida útil. Estos conectores MC4 son compatibles con cables con sección transversal con dimensiones de 10.0mm² y 16.0mm² (B&B/AWG). Nuestros conectores solares se han convertido en un referente en este sector, no dude en contactar con nosotros y disfrute de conectores para cables solares de primera calidad a los mejores precios.

[Formulario de contacto](#)

Parámetros técnicos

Calibre del cable	10.0mm ² y 16.0mm ² B/B&B/AWG
Corriente nominal	80A máx
Tensión nominal	(TUV)1000V (UL)600V
Resistencia de contacto	≤ 5mΩ
Clase de protección	II
Material de la cubierta protectora	PPO
Material del terminal	Cobre y baño de estaño
Grado de protección	IP67
Resistencia al fuego	UL94V-0
Margen de temperaturas	De -40 °C a +85 °C

Conector solar Φ4.0mm

► Señales de seguridad

► Herramientas y otros accesorios

Contacto

Dirección: Fourth Industrial Zone, Shangsha, Chang'an Town, Dongguan City, Guangdong Province, China

Teléfono: +86-769-95326950

Teléfono móvil +86-13929205495

Fax: +86-769-95300667

Código postal: 523987

Correo electrónico:
admin@h-powerlink.com
doriny_xu@h-powerlink.com

Skype: [xuifongyang9](https://www.skype.com/user/xuifongyang9)



[Formulario de contacto](#)

Parámetros técnicos

Calibre del cable	2.5mm ² , 4.0mm ² y 6.0mm ² 14/12/10AWG
Corriente nominal	25A
Tensión nominal	(TUV)1000V (UL)600V
Resistencia de contacto	≤ 5mΩ
Clase de protección	II
Material de la cubierta protectora	PPO
Material del terminal	Cobre y baño de estaño
Grado de protección	IP67
Resistencia al fuego	UL94V-0
Margen de temperaturas	De -40 °C a +85 °C

Conector solar Ø4.0mm



[Formulario de contacto](#)

Parámetros técnicos

Calibre del cable	2.5mm ² , 4.0mm ² , 6.0mm ² y 10.0mm ² 14/12/10/8AWG
Corriente nominal	45A máx.
Tensión nominal	(TUV)1000V (UL)600V
Resistencia de contacto	≤ 5mΩ
Clase de protección	II
Material de la cubierta protectora	PPO
Material del terminal	Cobre y baño de estaño
Grado de protección	IP67
Resistencia al fuego	UL94V-0
Margen de temperaturas	De -40 °C a +85 °C

Conector solar Ø4.0mm



[Formulario de contacto](#)

Parámetros técnicos

Calibre del cable	2.5mm ² , 4.0mm ² y 6.0mm ² 14/12/10AWG
Corriente nominal	25A

Corriente nominal	30mA
Tensión nominal	(TUV)1000V (UL)600V
Resistencia de contacto	≤ 5mΩ
Clase de protección	II
Material de la cubierta protectora	PPC
Material del terminal	Cobre y baño de estaño
Grado de protección	IP67
Resistencia al fuego	UL94V-0
Margen de temperaturas	De -40 °C a +85 °C

Otros productos



Anexo 12. Definiciones y abreviaturas.

Definiciones.

- Albedo: Porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma.
- Angulo acimut (α): Ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.
- Angulo de inclinación (β): Es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.
- Célula solar o fotovoltaica: Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.
- Condiciones Estándar de Medida (CEM): Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:
- Generador fotovoltaico: Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
- Instalaciones fotovoltaicas interconectadas: Aquellas que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema, ya sea directamente o a través de la red de un consumidor.
- Interruptor automático de la interconexión: Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de la interconexión.
- Interruptor general: Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.
- Inversor: Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna.

- Irradiación: Energía incidente por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m², o bien en MJ/m².
- Irradiancia solar: 1000 W/m².
- Distribución espectral: AM 1,5 G.
- Temperatura de célula: 25 °C.
- Irradiancia: Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m².
- Línea y punto de conexión y medida: La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de la red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.
- Masa de Aire: cociente entre la trayectoria óptica oblicua descrita por un fotón a lo largo de la atmósfera y la trayectoria vertical mínima que tendría que recorrer para llegar al mismo punto sobre la superficie terrestre).
- Módulo o panel fotovoltaico: Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como un único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.
- Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal: Potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) en condiciones nominales de funcionamiento.
- Potencia nominal del generador: Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.
- Potencia pico: Potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.

- Radiación difusa: Cantidad de energía solar que incide sobre una superficie horizontal desde todos los lugares de la atmósfera diferente de la radiación solar directa. Cuando no hay nubes en el cielo, la radiación difusa se produce por medio del proceso de difusión a través de partículas atmosféricas.
- Radiación directa: Es la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra en forma de rayos provenientes del Sol sin haber sufrido difusión, ni reflexión alguna.
- Radiación global: Toda radiación que llega a la tierra y se mide sobre una superficie horizontal en un ángulo de 180°, resultado de la componente vertical de la radiación directa más la radiación difusa. El aporte de cada componente a la radiación global varía con la altura del Sol, la transparencia de la atmósfera y la nubosidad.
- Radiación Solar Extraterrestre: La radiación solar extraterrestre es la radiación solar diaria que se recibe sobre una superficie horizontal situada en el límite superior de la atmósfera. El valor se obtiene a partir del valor de la constante solar, que se define como la cantidad de radiación que se recibe en la capa superior de la atmósfera, sobre una superficie unidad perpendicular a los rayos solares y a una distancia del Sol media.
- Radiación Solar Global media diaria anual: Energía procedente del sol que llega a una determinada superficie (global), tomando el valor anual como suma de valores medios diarios. □
- Radiación Solar: Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.
- Rama fotovoltaica: Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- TONC: Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800

W/m² con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20° C y la velocidad del viento, de 1 m/s.

Abreviaturas

GEI: Gases de efecto Invernadero.

OMM: Organización Meteorológica Mundial.

IPCC: Grupo intergubernamental de Expertos de Cambio Climático.

De carácter general:

- A: Amperio.
- AC: Corriente alterna (también CA).
- AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AM: Masa de aire.
- CC: Corriente continua.
- CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- CT: Centro de transformación.
- DC: Corriente Continua.
- DIAN: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales.
- FNCE: Fuente No Convencional de Energía.
- FV: Fotovoltaico.
- G: Irradiancia (W/m²).
- H: Irradiación (Wh/m²).
- ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

- IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.
- IP: Índice de protección.
- kWh/Wh: Kilovatio-hora/Vatio-hora.
- kWp/Wp: Kilovatio pico/Vatio pico.
- msnm: metros sobre el nivel del mar.
- RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
- UNE: Norma Española.
- UPME: Unidad de Planeación Minero Energética.
- V: Voltio.
- Wp: Vatio pico.

Generador fotovoltaico:

- $\cos \phi$: Factor de potencia.
- b: Longitud de un módulo fotovoltaico (m).
- CEM/STC: Condiciones Estándar de Medida.
- CGBT: Cuadro General de Baja Tensión.
- CGP: Caja general de protecciones.
- d: Distancia mínima entre filas de módulos (m).
- E_{AC} : Energía efectiva entregada por el inversor (kWh).
- E_{DC} : Energía efectiva entregada por el generador (kWh).
- E_{FV} : Energía eléctrica de origen solar generada anualmente (kWh/año).
- F_S : Factor de seguridad.
- G_{CEM} : Irradiancia en CEM (1 kW/m²).
- $G_{da}(0)$: Irradiación diaria media anual sobre superficie horizontal (W/m²).

- $G_{da}(\alpha, \beta)$: Irradiación diaria media anual en el plano del generador (W/m^2).
- $G_{dm}(0)$: Irradiación diaria media mensual sobre superficie horizontal (W/m^2).
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$: Irradiación diaria media mensual en el plano del generador (W/m^2).
- GFV: Generador fotovoltaico.
- h: Diferencia de alturas entre la parte baja de una fila de módulos y la parte alta de la posterior (m).
- Hz: Hercios.
- I_2 : Corriente que asegura la actuación del interruptor (A).
- I_B : Corriente de diseño del circuito (A).
- I_{BT1} : Corriente nominal del transformador trifásico en el lado bajo (kA).
- I_{BT2} : Corriente nominal del transformador trifásico en el lado alto (kA).
- I_{CCBT1} : Corriente de corto circuito del transformador trifásico en el lado bajo (kA).
- I_{CCBT2} : Corriente de corto circuito del transformador trifásico en el lado alto (kA).
- I_{CC-CGC} : Corriente de diseño del cableado para el tramo desde la caja de conexión hasta la caja general de conexiones (A).
- $I_{ICGBT400V-CT}$: Corriente de diseño del cableado para el tramo desde el cuadro general de baja tensión 400 V hasta el centro de transformación(A).
- $I_{CGC-INV}$: Corriente de diseño del cableado para el tramo desde la caja general de conexiones hasta el inversor (A).
- $I_{CT-CGBT208V}$: Corriente de diseño del cableado para el tramo desde el centro de transformación hasta el cuadro general de baja tensión 208 V (A).
- $I_{FUSIBLE}$: Intensidad nominal del fusible (A).
- $I_{INV,AC,T400-208}$: Corriente nominal del inversor visto en el lado de baja (208 V) del transformador.

- $I_{INV,AC}$: Intensidad nominal a la salida del inversor (A).
- $I_{INV,M,DC}$: Intensidad máxima a la entrada del inversor (A).
- $I_{INV-CGBT400V}$: Corriente de diseño del cableado para el tramo desde el inversor hasta el cuadro general de baja tensión 400 V (A).
- $I_{MÁX}$: Corriente máxima del descargador(A).
- $I_{MOD,M,STC}$: Corriente del punto de máxima potencia del módulo fotovoltaico para condiciones estándar de medida (A).
- $I_{MOD,M}$: Corriente del punto de máxima potencia del módulo fotovoltaico para unas condiciones de trabajo cualesquiera (A).
- $I_{MOD,SC,STC}$: Corriente del módulo fotovoltaico en cortocircuito para condiciones estándar de medida (A).
- $I_{MOD,SC}$: Corriente del módulo fotovoltaico en cortocircuito para unas condiciones de trabajo cualesquiera (A).
- I_{RAMA} : Corriente de diseño del cableado para el tramo correspondiente a la rama de módulos (A).
- I_{SN} : Corriente nominal del descargador(A).
- I_Z : Intensidad máxima admisible en el conductor (A).
- I_{BOS} : Pérdidas del resto del sistema (kWh/kWp/día).
- I_C : Pérdidas de captura (kWh/kWp/día).
- L_{CC-CGC} : Longitud máxima del conductor desde la caja de conexión hasta la caja general de conexiones (m).
- $L_{CGBT400V-CT}$: Longitud máxima del conductor desde el cuadro general de baja tensión 400 V hasta el centro de transformación (m).

- $L_{CGC-INV}$: Longitud máxima del conductor desde la caja general de conexiones hasta el inversor (m).
- $L_{CT-CGBT208V}$: Longitud máxima del conductor desde el centro de transformación hasta el cuadro general de baja tensión 208 V(m).
- $L_{INV-CGBT400V}$: Longitud máxima del conductor desde el inversor hasta el cuadro general de baja tensión 400 V (m).
- L_{RAMA} : Longitud máxima del conductor en el tramo desde cada rama hasta la caja de conexión correspondiente (m).
- MPPT: Maximum Power Point Tracking (seguimiento del punto de máxima potencia).
- N: Número total de módulos del generador fotovoltaico.
- $N_{mp,CAJA}$: Número de ramas en paralelo asociadas a cada caja de conexión en corriente continua.
- N_{mp} : Número de módulos en paralelo del generador fotovoltaico.
- N_{ms} : Número de módulos en serie del generador fotovoltaico.
- $P_{GFV,M,STC}$: Potencia máxima del generador fotovoltaico en condiciones estándar de medida o potencia nominal del generador fotovoltaico (Wp).
- $P_{GFV,M}$: Potencia del generador fotovoltaico en el punto de máxima potencia para unas condiciones de trabajo cualesquiera (W).
- $P_{INV,AC}$: Potencia nominal de salida del inversor (W).
- $P_{INV,DC}$: Potencia nominal de entrada del inversor (W).
- $P_{MOD,M,STC}$: Potencia máxima del módulo fotovoltaico en condiciones estándar de medida o potencia nominal del módulo fotovoltaico (Wp).

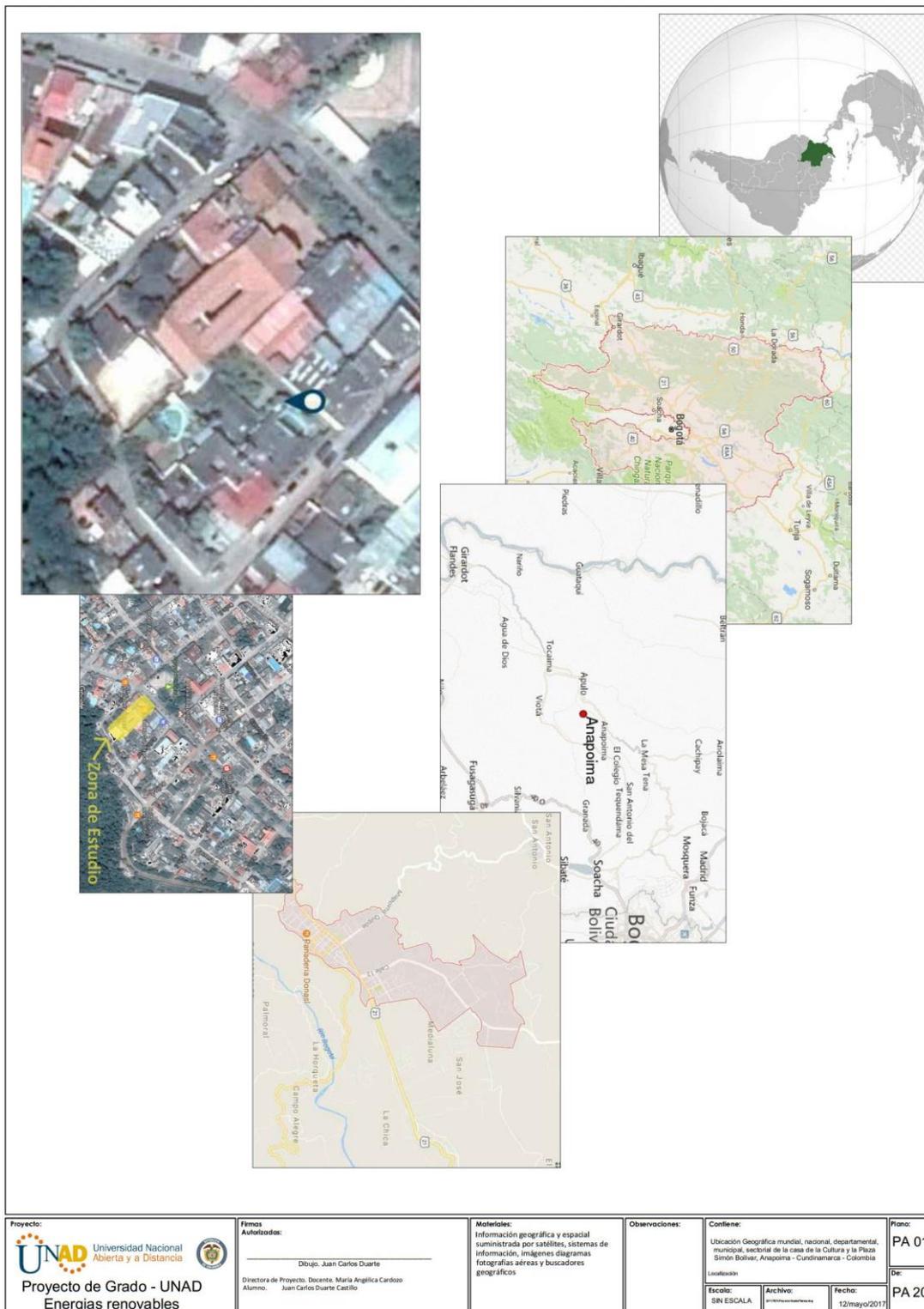
- $P_{MOD,M}$: Potencia máxima del módulo fotovoltaico para unas condiciones de trabajo cualesquiera (W).
- PMP: Punto de Máxima Potencia.
- PR: Factor de rendimiento.
- R_{ISO} : Resistencia distribuida a lo largo de toda la instalación; su valor dependerá de factores como calidad de los aislantes empleados, envejecimiento de estos aislantes, calidad en la ejecución de la instalación, condiciones climáticas, en especial de la humedad, tamaño del generador, etcétera. El orden de magnitud para una instalación nueva oscilará, dependiendo de su tamaño y del estado de humedad, entre decenas de $k\Omega$ y $M\Omega$.
- S_{CC-CGC} : Sección mínima del conductor entre las cajas de conexión en corriente continua y la Caja General de Conexión en función de la caída de tensión permisible en el cable (mm^2).
- $S_{CGBT400V-CT}$: Sección mínima del conductor entre el cuadro general de baja tensión 400 V y el centro de transformación (mm^2).
- $S_{CGC-INV}$: Sección mínima del conductor entre la caja general de conexiones y el inversor (mm^2).
- $S_{CT-CGBT208V}$: Sección mínima del conductor entre el centro de transformación y el cuadro general de baja tensión 208 V (mm^2).
- $S_{INV-CGBT400V}$: Sección mínima del conductor entre el inversor y el cuadro general de baja tensión 400 V (mm^2).
- S_N : Potencia aparente [kVA]
- sobretensiones (V).

- S_{RAMA} : Sección mínima del conductor en el tramo desde cada rama hasta la caja de conexión correspondiente en función de la caída de tensión permisible en el cable (mm^2).
- T_{HD} : Distorsión armónica total (%).
- U_{BT1} : Voltaje nominal del transformador trifásico en el lado alto (V).
- U_{BT2} : Voltaje nominal del transformador trifásico en el lado bajo (V).
- U_C : Tensión máxima del descargador de sobretensiones (V).
- U_n : Tensión de referencia del descargador de sobretensiones (V).
- U_p : Nivel de tensión residual que queda después de la actuación del descargador de
- $V_{GFV,OC,STC}$: Tensión del generador fotovoltaico en circuito abierto para condiciones estándar de medida (V).
- $V_{INV,AC}$: Tensión nominal a la salida del inversor (V).
- $V_{INV,m,MPP}$: Límite inferior del margen de tensión para el que el inversor busca el punto de máxima potencia (V).
- $V_{INV,M,MPP}$: Límite superior del margen de tensión para el que el inversor busca el punto de máxima potencia (V).
- $V_{INV,M}$: Tensión máxima a la entrada del inversor (V).
- $V_{M,STC}$: Tensión del punto de máxima potencia de la célula solar para condiciones estándar de medida (V).
- V_M : Tensión del punto de máxima potencia de la célula solar en cortocircuito para unas condiciones de trabajo cualesquiera (V).
- $V_{MOD,M,STC}$: Tensión del punto de máxima potencia del módulo fotovoltaico para condiciones estándar de medida (V).

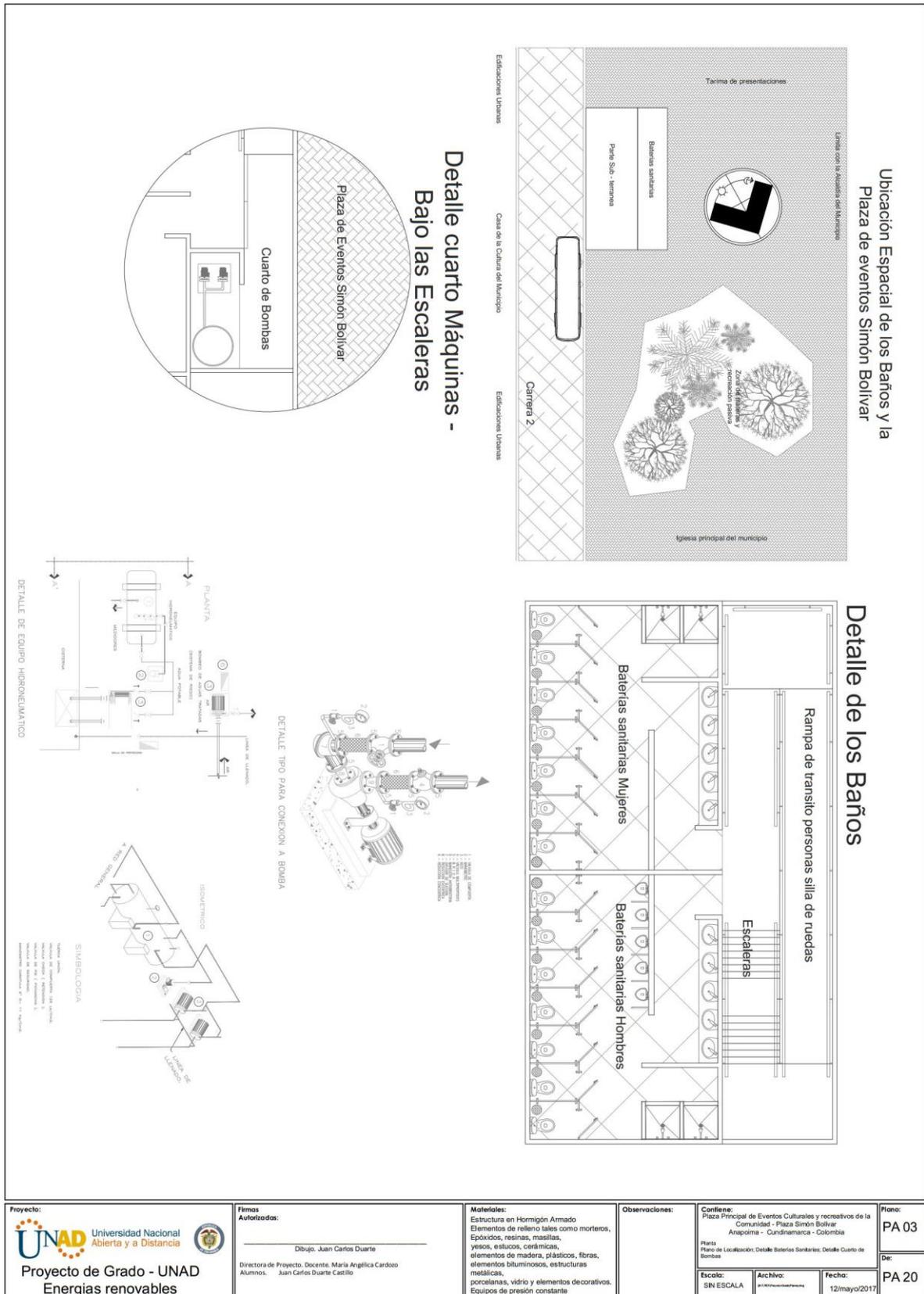
- $V_{MOD,M}$: Tensión del punto de máxima potencia del módulo fotovoltaico para unas condiciones de trabajo cualesquiera (V).
- $V_{MOD,OC,STC}$: Tensión del módulo fotovoltaico en circuito abierto para condiciones estándar de medida (V).
- $V_{MOD,OC}$: Tensión del módulo fotovoltaico en circuito abierto para unas condiciones de trabajo cualesquiera (V).
- $V_{N\text{ fusible}}$: Tensión nominal del fusible o interruptor (V).
- $V_{OC,STC}$: Tensión en circuito abierto de la célula solar para condiciones estándar de medida (V).
- V_{OC} : Tensión en circuito abierto de la célula solar para unas condiciones de trabajo cualesquiera (V).
- Y_A : Productividad del generador fotovoltaico (kWh/kWp/día).
- Y_F : Productividad final (kWh/kWp/día).
- Y_R : Productividad de referencia (kWh/kWp/día).
- α : Ángulo de orientación de los módulos fotovoltaicos.
- β : Ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos.
- β : Coeficiente de variación del voltaje con la temperatura.
- β_{OPT} : Ángulo de inclinación óptimo de los módulos fotovoltaicos.
- $\beta_{V\text{ MOD,MPP}}$: Coeficiente de temperatura de la tensión en el punto de máxima potencia (mV °C⁻¹).
- $\beta_{V\text{ MOD,OC}}$: Coeficiente de temperatura de la tensión de circuito abierto (mV °C⁻¹).
- ΔV_{CC-CGC} : Caída de tensión, en tanto por uno, permisible en el cable entre las cajas de conexión y la Caja General de Conexión.

- $\Delta V_{\text{CGBT400V-CT}}$: Caída de tensión, en tanto por uno, permisible en el cable entre el cuadro general de baja tensión 400 V y el centro de transformación.
- $\Delta V_{\text{CGC-INV}}$: Caída de tensión, en tanto por uno, permisible en el cable entre la Caja General de Conexión y el inversor.
- $\Delta V_{\text{CT-CGBT208V}}$: Caída de tensión, en tanto por uno, permisible en el cable entre el centro de transformación y el cuadro general de baja tensión 208 V.
- $\Delta V_{\text{INV-CGBT400V}}$: Caída de tensión, en tanto por uno, permisible en el cable entre el inversor y el cuadro general de baja tensión 400 V.
- ΔV_{RAMA} : Caída de tensión, en tanto por uno, permisible en el tramo desde cada rama hasta la caja de conexión correspondiente.
- $\Delta V_{\text{TOTAL AC}}$: Caída de tensión, en tanto por uno, en el cableado del tramo AC.
- $\Delta V_{\text{TOTAL DC}}$: Caída de tensión, en tanto por uno, en el cableado del tramo DC.
- η : Eficiencia del módulo fotovoltaico.
- η_A : Eficiencia del array.
- η_{BOS} : Eficiencia del resto del sistema
- η_S : Eficiencia del sistema.
- θ_Z : Ángulo cenital.
- σ : Conductividad.
- φ : Latitud.

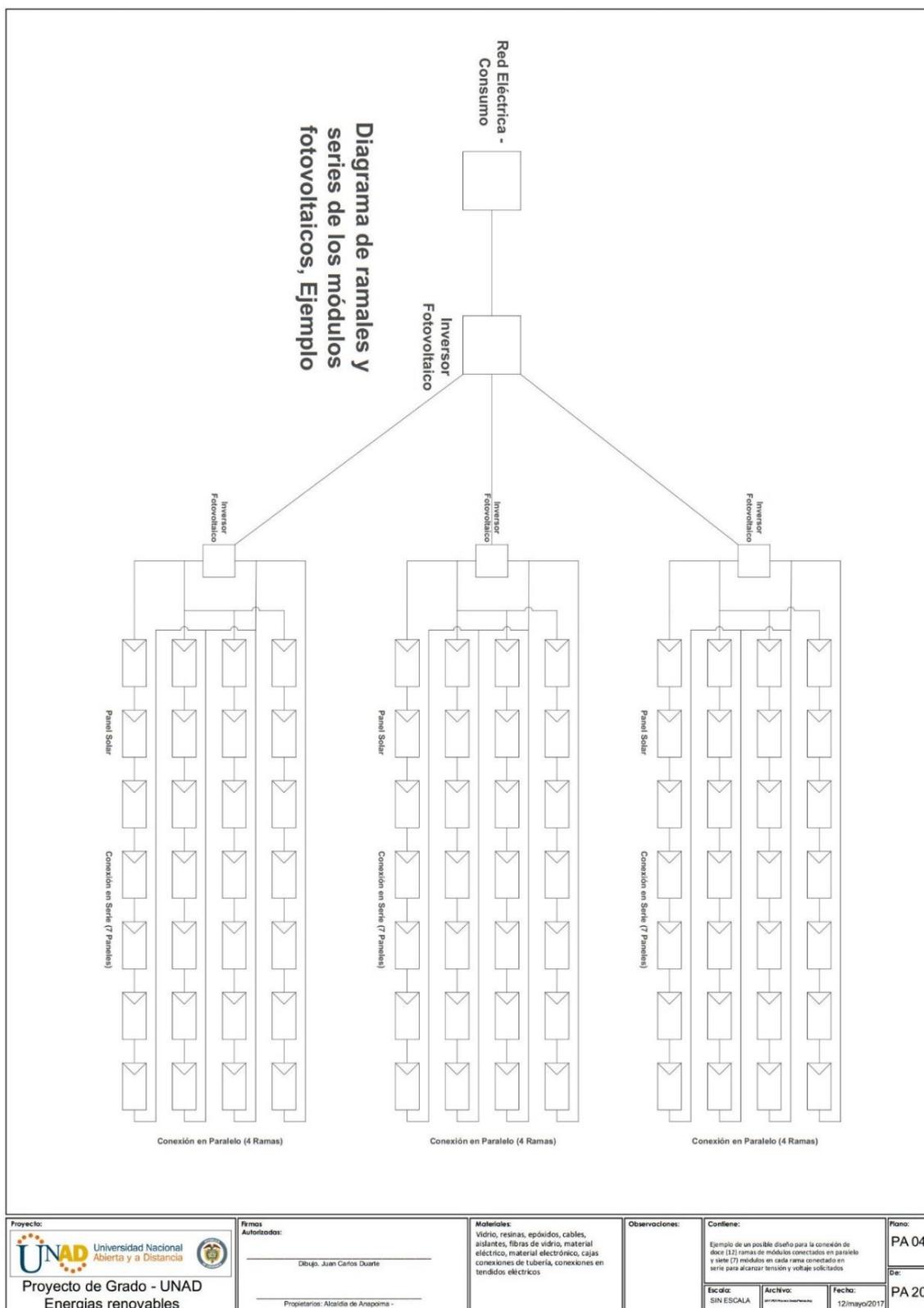
Plano 1. Ubicación Geográfica del lugar de estudio



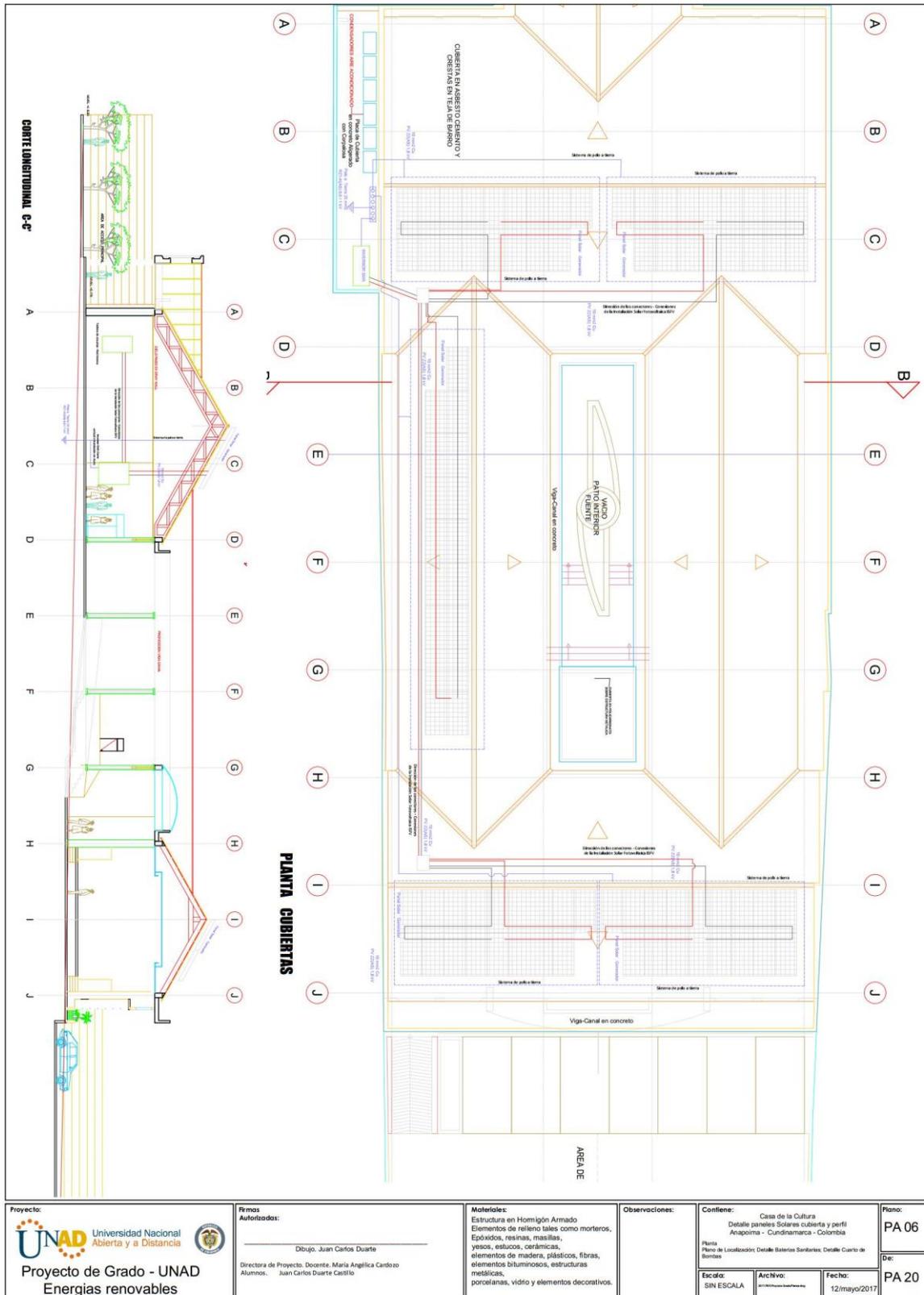
Plano 3. Distribución Arquitectónica de las baterías Sanitarias - Plaza



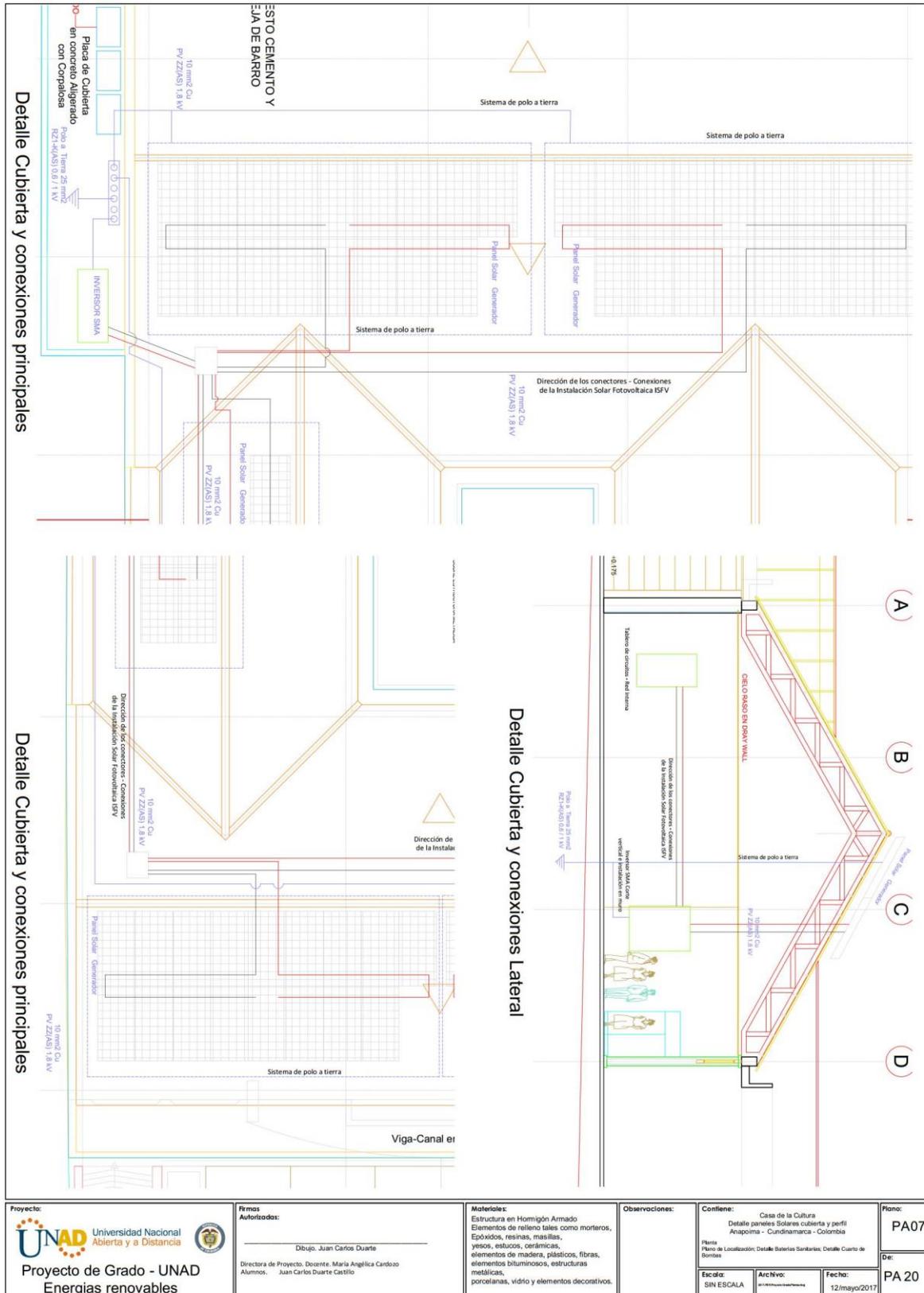
Plano 4. Detalle de la conexión de paneles solares en paralelo y serie



Plano 6. Cubierta general y conexión



Plano 7. Cubierta y conexión – Detalles



Plano 8. Esquema Unifilar

