

**ANÁLISIS Y ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA A PARTIR PANELES FOTOVOLTAICOS
EN UNA CONSTRUCCIÓN DE OBRA**

**NESTOR RAUL MARQUEZ URIBE
FABIAN ENRIQUE PIRAJON GONZALEZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS FACULTAD
DE INGENIERÍA CIVIL BUCARAMANGA
2015**

**ANÁLISIS Y ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA A PARTIR PANELES FOTOVOLTAICOS EN UNA
CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL**

**NESTOR RAUL MARQUEZ URIBE
FABIAN ENRIQUE PIRAJON GONZALEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Civil.**

**Director
M.Sc. Leonardo Barón Páez.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS FACULTAD
DE INGENIERÍA CIVIL BUCARAMANGA
2015**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Abril 10 de 2015

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado todas las oportunidades para poder estudiar esta carrera, por darme fortaleza y haberme guiado siempre por el camino del bien, a mis queridos padres, Néstor Márquez y Esperanza Uribe, por haber sido siempre mi apoyo incondicional, mi ejemplo a seguir, mis consejeros, y amigos en todo momento, siendo testigos de mis sacrificios, triunfos y derrotas que hicieron de mí la persona que soy ahora, a mi hermana Aura, por llenarme de alegría en todo momento y ser motivo de mi felicidad y a todos aquellos amigos que a lo largo de toda mi carrera me brindaron su mano y ayuda para salir adelante en los obstáculos que se fueron presentando.

Nestor R. Márquez Uribe.

Quiero agradecerle a Dios por permitirme alcanzar mis metas, y poder terminar este trabajo con éxito. A mis padres, Xiomara González Cristancho y Jorge Enrique Pirajon Moreno, por darme la oportunidad y el apoyo necesario para seguir mis sueños y ser un profesional íntegro, con buenos valores que pueda aportar algo bueno a la sociedad. Como me lo enseñaron, con su ejemplo y perseverancia que siempre tuvieron para salir adelante y poder triunfar en la vida, con su esfuerzo darnos a mi hermana y a mí todo el cariño y la confianza para llegar a ser la persona que soy en este momento.

A mi hermana Erika Pirajon González que siempre estuvo en cada una de las etapas de mi vida apoyándome y siendo una gran ayuda y con mis sobrinos Isabela Páez Pirajon y Jorge Alejandro Páez Pirajon que son mi gran felicidad.

A todos mis compañeros y amigos que estuvieron en cada uno de los momentos buenos y malos para ayudarme a seguir adelante en mi carrera como Ingeniero Civil.

Fabián E. Pirajon González.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Dios por habernos llenado de fortaleza y sabiduría, para nunca rendirnos y poder alcanzar un nuevo logro en nuestra vida.

A nuestra hermosa familia que siempre creyeron en nosotros y en nuestras capacidades para ser personas integrales y excelentes profesionales.

A nuestra querida Universidad Pontificia Bolivariana y a la facultad de Ingeniería Civil por habernos dado las pautas necesarias para ser profesionales capacitados para todos los retos que tengamos que asumir en nuestra vida.

Al Ingeniero Leonardo Barón Páez, quien nos guio en cada paso y etapa de la realización de este proyecto de grado.

Agradecemos a los profesores de ingeniería mecánica, que nos colaboraron mediante asesorías y resolvieron dudas acerca de los sistemas solares.

A todos los profesores que han sido nuestra fuente de conocimiento académico a lo largo de la carrera de Ingeniería Civil.

A todos nuestros amigos que nos apoyaron y estuvieron con nosotros en todos los buenos y malos momentos, dándonos todo su cariño y colaboración.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE GRÁFICAS.....	15
LISTA DE ANEXOS	16
RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO	17
GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE	17
INTRODUCCIÓN	19
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO DE INVESTIGACION.....	20
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	22
1.3 OBJETIVOS.....	24
1.3.1 General.....	24
1.3.2 Específicos	24
1.4 ANTECEDENTES.....	25
1.4.1 Energías renovables en el Mundo.....	25
1.4.2 Energía Solar en América.....	28
1.4.3 Protocolo de Kioto	29
1.4.4 La Energía Solar en Colombia.....	30
1.4.5 Proyectos de Investigación Realizados en Bucaramanga.....	31
1.4.5.1 Proyecto 1.	31
1.4.5.2 Proyecto 2.	32
1.4.5.3 Proyecto 3.	33
1.4.5.4 Proyecto 4.	35
1.5 MARCO TEÓRICO	38
1.5.1 La energía renovable.....	38
1.5.1.1 Energía Solar	39

1.5.1.1.1 Energía solar en el mundo	39
1.5.1.1.2 Energía solar en Colombia.....	39
1.5.1.2 Energía térmica	40
1.5.2 Oferta Natural	40
1.5.3 Sol como fuente de energía.....	41
1.5.3.1 El Sol.....	41
1.5.4 Radiación solar.....	42
1.5.4.1 Tipos de radiación solar	43
1.5.4.2 Radiación solar en Colombia.....	43
1.5.5 Efecto Fotovoltaico	46
1.5.5.1 Célula Solar o fotovoltaica.....	46
1.5.6 Energía Fotovoltaica.....	47
1.5.6.1 Parámetros de la energía solar fotovoltaica	47
1.5.6.1.1 Potencia	48
1.5.6.1.2 Temperatura de Operación	48
1.5.6.1.3 Factor de utilización o capacidad anual	48
1.5.6.1.4 Eficiencia pico	48
1.5.6.1.5 Costos.....	48
1.5.7 Paneles solar fotovoltaicos	49
1.5.8 Tipos de instalaciones Solares	50
1.5.8.1 Instalaciones solares FV aisladas o autónoma.....	50
1.5.8.2 Instalaciones solares FV conectadas a una red	50
1.5.9 Componentes de las instalaciones solares.....	51
1.5.9.1 Paneles o módulos solares	52
1.5.9.2 Reguladores de carga	52
1.5.9.3 Baterías.....	53
1.5.9.3.1 Baterías de Níquel	54
1.5.9.3.2 Baterías de plomo acido	54
1.5.9.4 Inversor o Convertidor	55

1.5.9.5 Complementos del sistema	55
1.5.10 Calculo para la instalación solar FV	55
2. METODOLOGÍA	58
2.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN. (REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA)	58
2.1.1 Recolección información Teórica.....	58
2.1.2 Recolección de Información Mediante Asesorías.....	58
2.1.3 Recolección de Información de Proveedores y Equipos, en Bucaramanga y Colombia	59
2.2 HERRAMIENTAS OFIMATICAS UTILIZADAS.....	59
2.3 ANALISIS TECNICO	61
2.3.1 Potencial energético	62
2.3.2 Potencial solar	63
2.3.3 Infraestructura Pública.....	64
2.3.4 Infraestructura en el Campus de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga	65
2.3.5 Potencial Energético Unitario De La Fuente De Energía.....	66
2.3.5.1 Energía solar fotovoltaica.....	66
2.3.6 Costos de producción eléctrica.....	67
2.3.6.1 Costos de adquisición de la infraestructura.....	67
2.3.6.1.1 Paneles Fotovoltaicos	68
2.3.6.1.2 Inversores	70
2.3.6.1.3 Reguladores.....	71
2.3.6.1.4 Baterías.....	72
2.3.7 Mantenimiento	74
2.3.7.1 Paneles Fotovoltaicos	75
2.3.7.2 Inversores	75
2.3.8 Aplicación en cubiertas para parqueaderos destapados ubicados en el edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga	75
2.3.9 Consumo eléctrico mensual	85
2.3.10 Proyección del precio de la electricidad	88

2.3.11 Elección del sistema eléctrico que se usará	94
2.3.11.1 Ubicación y potencial eléctrico	94
2.3.11.2 Energía solar	95
2.3 ANALISIS FINANCIERO	98
2.4.1 Ingresos.....	99
2.4.2 Inversión	100
2.4.2.1 Escenarios fijos	100
2.4.2.2 Escenarios variables	103
2.4.2.3 Cubiertas para parqueadero.....	104
2.4.2.4 Tasas de oportunidad.....	106
2.5 RESULTADOS	107
2.5.1 Opción 1	107
2.5.2 Opción 2	110
2.5.3 Opción 3	112
2.5.4. Opción 4	116
2.5.5 Opción 5	119
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	123
4. CONCLUSIONES	135
5. RECOMENDACIONES	137
ANEXOS	141

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proveedores de los Sistemas Fotovoltaicos.....	59
Tabla 2. Radiación Anual De Colombia Por Regiones.....	63
Tabla 3. Radiación solar mensual acumulada de Bucaramanga y su área metropolitana.	64
Tabla 4. Potencia Nominal Unitaria m2.....	67
Tabla 5. Oferta en el mercado	67
Tabla 6. Oferta de Paneles Fotovoltaicos en Bucaramanga y Colombia	68
Tabla 7. Selección Oferta de Paneles Fotovoltaicos.....	69
Tabla 8. Oferta de Inversores en Bucaramanga y Colombia	70
Tabla 9. Selección Oferta de Inversores	71
Tabla 10. Oferta de Reguladores de Carga en Bucaramanga y Colombia	71
Tabla 11. Selección Oferta de Reguladores de Carga.....	72
Tabla 12. Oferta de Baterías en Bucaramanga y Colombia.....	73
Tabla 13. Selección Oferta de Baterías	74
Tabla 14. Nomenclatura zonas de parqueo.	75
Tabla 15. Área Total para la Disposición de los Paneles	76
Tabla 16. Costos Asociados a la Factura para Enero de 2015	86
Tabla 17. Consumo y Costo mensual de Energía Eléctrica de la Universidad.	88
Tabla 18. Tarifa Proyectada a 25 años del kW/h	91
Tabla 19. Tarifa Proyectada a 25 años del kW/h	92
Tabla 20. Tarifa Proyectada a 25 años del kW/h	94
Tabla 21. Radiación Solar Mensual en Bucaramanga y su Área Metropolitana	95
Tabla 22. Energía Mensual Potencialmente Generada Teóricamente por un Panel (según el área de cada panel).	97
Tabla 23. Energía Mensual Potencialmente Generada Teóricamente por el Sistema de Paneles (Según el área de las cubiertas)	98
Tabla 24. Numero de paneles a usar según el área efectiva de las cubiertas	99

Tabla 25. Ingresos debido al ahorro generado por paneles fotovoltaicos en las cubiertas	99
Tabla 26. Inversión para el sistema solar escenario 1.	100
Tabla 27. Inversión para el sistema solar escenario 2.	101
Tabla 28. Inversión para el sistema solar escenario 3.	102
Tabla 29. Inversión para el sistema solar escenario 4.	102
Tabla 30. Inversión para el sistema solar escenario 5.	103
Tabla 31. Inversión para el sistema solar inyectado a la red.	104
Tabla 32. Inversión para el sistema solar independiente a la red.	104
Tabla 33. Presupuesto de Cubiertas.	105
Tabla 34. Tasa de interés CDTs de los bancos	106
Tabla 35. Flujo de caja.....	107
Tabla 36. TIR	108
Tabla 37. VPN y tasa	108
Tabla 38. VPN real y tasa de oportunidad	109
Tabla 39. Ingresos y Egresos, según tasa.....	109
Tabla 40. Ingresos menos Egresos.....	109
Tabla 41. Flujo de caja.....	110
Tabla 42. TIR	111
Tabla 43. VPN y Tasa	111
Tabla 44. VPN real y tasa de oportunidad	112
Tabla 45. Ingresos y Egresos, según tasa.....	112
Tabla 46. Ingresos menos Egresos.....	112
Tabla 47. Flujo de caja.....	113
Tabla 48. TIR	114
Tabla 49. VPN y Tasa	114
Tabla 50. VPN real y tasa de oportunidad	115
Tabla 51. Ingresos y Egresos, según tasa.....	115
Tabla 52. Ingresos menos Egresos.....	115
Tabla 53. Flujo de caja.....	116

Tabla 54. TIR	117
Tabla 55. VPN y Tasa	118
Tabla 56. VPN real y tasa de oportunidad	118
Tabla 57. Ingresos y Egresos, según tasa	118
Tabla 58. Ingresos menos Egresos.....	119
Tabla 59. Flujo de caja.....	120
Tabla 60. TIR	120
Tabla 61. VPN y Tasa	121
Tabla 62. VPN real y tasa de oportunidad	121
Tabla 63. Ingresos y Egresos, según tasa	121
Tabla 64. Ingresos menos Egresos.....	122
Tabla 65. TIR para las cinco opciones de sistemas solares	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Contribución de distintas fuentes a la energía primaria global.....	26
Figura 2. Incremento de la generación eléctrica de fuentes renovables respecto a 2009 (Nuevas Políticas, WEO)	26
Figura 3. Potencia acumulada en el mundo a 2010	28
Figura 4. Instalaciones solares desde el 2006 un 60% más baratas	29
Figura 5. Cantidad de energía eléctrica renovable producida frente a la de energía eléctrica producida tradicionalmente.....	38
Figura 6. Estructura del sol	42
Figura 7. Distribución de las pérdidas de la radiación solar incidente.....	43
Figura 8. Mapa de radiación solar anual.....	45
Figura 9. Célula fotovoltaica.....	47
Figura 10. Paneles solares.....	49
Figura 11. Instalaciones solares FV aisladas.....	50
Figura 12. Instalaciones solares FV conectadas a una red.....	51
Figura 13. Sistema de energía solar por medio de paneles solares fotovoltaicos.....	52
Figura 14. Reguladores de carga.....	53
Figura 15. Baterías.....	54
Figura 16. Inversor o Convertidor.....	55
Figura 17. Composición de la infraestructura del sistema eléctrico	62
Figura 18. Esquema general de un sistema de abastecimiento de energía que se inyecta a la red.....	66
Figura 19. Localización de las Zonas de Parqueo	76
Figura 20. Zona de Parqueo 1, Área de Cubiertas.....	77
Figura 21. Dimensiones de la cubierta, zona 1	78
Figura 22. Zona de Parqueo 2, Área de Cubiertas.....	79
Figura 23. Dimensiones de la cubierta, zona 2	80

Figura 24. Modelación de cubiertas en zona 1, parte posterior.	81
Figura 25. Modelación de cubiertas zona 2, parte posterior.	81
Figura 26. Modelación general zona 1 y 2 de parqueo, vista de perfil.	82
Figura 27. Modelación general zona 1 y 2 de parqueo, vista aérea.....	82
Figura 28. Modelación zona 2 de parqueo, vista en perfil.....	83
Figura 29. Modelación zona 2 de parqueo, vista en perfil.....	83
Figura 30. Modelación zona 1 y 2 de parqueo, vista en perfil.	84
Figura 31. Modelación vista aérea del Edificio K y sus zonas de parqueo.....	84
Figura 32. Modelación vista aérea del Edificio k, zona de parqueo 1 y 2.....	85
Figura 33. Tarifas de la ESSA, para Enero de 2015	87
Figura 34. Rango Anual de Disponibilidad de Energía Solar por Regiones	96

LISTA DE GRÁFICAS

Grafico 1. Selección de Paneles.....	69
Grafico 2. Selección de Inversores.	70
Grafico 3. Selección de Reguladores.....	72
Grafico 4. Selección de Baterías.....	73
Grafico 5. Comportamiento Histórico de Electricidad durante Enero 2013 y Febrero 2015	89
Grafico 6. Aplicación de Línea de Tendencia lineal	90
Grafico 7. Comportamiento de la Tarifa Eléctrica con el IPC.....	93
Grafico 8. Tendencia lineal del comportamiento de la Tarifa Eléctrica con el IPC	93
Grafico 9. Ingresos de la opción 1	123
Grafico 10. Ingresos de la opción 2.....	124
Grafico 11. Ingresos de la opción 3.....	125
Grafico 12. Ingresos de la opción 4.....	126
Grafico 13. Ingresos de la opción 5.....	127
Grafico 14. Recuperación de la inversión de la opción 1	128
Grafico 15. Recuperación de la inversión de la opción 2	129
Grafico 16. Recuperación de la inversión de la opción 3	130
Grafico 17. Recuperación de la inversión de la opción 4	131
Grafico 18. Recuperación de la inversión de la opción 5	132

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: ZONIFICACION CLIMATICA.....	141
ANEXO 2: CASO HIPOTETICO.....	142
ANEXO 3: PROYECCION DE LA ELECTRICIDAD	146
ANEXO 4: DISPOSITIVOS DEL SISTEMA CON SUS FICHAS TECNICAS	158

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANALISIS Y ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGIA APARTIR DE PANALES FOTOVOLTAICOS EN UNA CONSTRUCCION DE OBRA.

AUTOR(ES): NESTOR RAUL MARQUEZ URIBE
FABIAN ENRIQUE PIRAJON GONZALEZ

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): M.Sc. Leonardo Barón Páez

RESUMEN

En este trabajo se realizó un análisis técnico y financiero para evaluar la implementación de un sistema de abastecimiento de energía a partir de paneles fotovoltaicos en estructuras civiles. Específicamente, se analizó la viabilidad financiera para la implementación de este sistema en una estructura de cubiertas localizadas en los parqueaderos en el edificio k de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Para el análisis técnico se efectuó una recopilación de información necesaria para conocer la radiación que tiene la zona metropolitana de Bucaramanga, las tarifas de consumo en kWh/mes que maneja la electrificadora de Santander ESSA, el consumo eléctrico mensual de la Universidad, los insumos que hacen parte del sistema de abastecimiento de energía, los proveedores que distribuyen este tipo de insumos y sus respectivas fichas técnicas y precios. A su vez también, se propuso un diseño arquitectónico de las cubiertas donde se instalaran los paneles solares. El análisis financiero se ejecutó en una hoja de cálculo utilizando Microsoft Excel, con diferentes configuraciones de insumos, con el fin de calcular la inversión total del proyecto, la recuperación de la inversión, la tasa de retorno a 25 años (vida útil de los paneles solares), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y de esa forma conocer la rentabilidad del proyecto.

PALABRAS CLAVES: Paneles Fotovoltaicos, Energía solar, Radiación, Rentabilidad de la inversión,Obra civil.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ANALYSIS AND STUDY FOR THE IMPLEMENTATION FOR POWER SYSTEM ABASTECIOMIENTO PANALES APARTIR OF PHOTOVOLTAIC IN A CONSTRUCTION SITE.

AUTHOR(S): NESTOR RAUL MARQUEZ URIBE
FABIAN ENRIQUE PIRAJON GONZALEZ

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: MSc. Leonardo Baron Paez

ABSTRACT

This paper presents a technical and financial analysis was performed to assess the implementation of a system of energy supply from photovoltaic panels on civil structures. Specifically, the financial viability of the implementation of this system in a structure located in parking decks in the building k of Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga. For technical analysis a collection of information necessary to know the radiation having metropolitan Bucaramanga, consumption rates kWh / month Santander manages power company ESSA, the monthly electricity consumption of the University took place, the inputs are part of the energy supply system, providers who distribute this type of inputs and their technical and pricing tabs. In turn also proposed an architectural design covers where the solar panels were installed. The financial analysis was performed on a sheet of teaching calculation using Microsoft Excel, with different configurations of inputs, in order to calculate the total project investment, the return on investment, the rate of return to 25 years (lifetime of the solar panels), the Internal Rate of Return (IRR) and thus know the profitability of the project.

KEYWORDS: Photovoltaic Panels, Solar Energy, radiation, return on investment, civil Works.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con una gran variedad de recursos energéticos, esto se debe a su posición geográfica privilegiada en el planeta tierra. Teniendo en cuenta lo anterior y, haciendo una combinación con la gran variedad y avances tecnológicos que a la fecha tienen frente al uso de energías limpias, se podría sacar un buen provecho en cuanto a suplir las necesidades energéticas, disminuyendo costos e impactos ambientales a largo plazo.

Teniendo como premisa que el sol es la mayor fuente de energía renovable e ilimitada conocida por el hombre hasta el momento, se hace muy importante implementar sistemas que puedan captar, transformar, almacenar y distribuir la energía otorgada por el sol.

De acuerdo a lo anterior, se presenta un estudio técnico y financiero para implementar un sistema de abastecimiento de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos en una obra civil, como propuesta alterna a la forma como en estos momentos generamos la energía. A partir del análisis de un flujo de caja, el cual proporcionará información precisa de cuál sería la inversión que se tendría que hacer para poner a funcionar dicho sistema, en cuanto tiempo se recuperaría el dinero invertido, cuál sería la rentabilidad de dicho sistema visto como un negocio y en cuanto tiempo dicho sistema generaría un ahorro de dinero frente a al suministro de energía eléctrica tradicional, dando así a conocer la relación costo-beneficio económico que genere la propuesta y su respectiva viabilidad.

Finalmente, se emiten unas recomendaciones sobre, conectar el sistema de abastecimiento de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos, a la red eléctrica como suplemento de esta u omitir complemente la energía eléctrica tradicional y darle paso únicamente a la energía dada por el sol.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la utilización de energía no renovable sigue siendo una prioridad para la humanidad, esto se debe a los preconceptos y prejuicios que la gente sigue teniendo, en esta época, frente a soluciones alternativas que son más llamativas y saludables para el medio ambiente.

La energía no renovable es aquella, que proviene de fuentes energéticas como el petróleo, el gas, el carbón, entre otros, todos ellos involucrados en muchos procesos industriales, con los cuales se puede hacer posible su utilización, pero estos procesos están generando grandes cantidades de gases contaminantes como el CO₂ y demás sustancias que están afectando de una manera sustancial al medio ambiente y por consiguiente a la humanidad, además de que este tipo de energías al agotarse, su proceso de regeneración¹ es inmensamente largo, por lo cual la solución más viable tanto para el planeta tierra, como para cada uno de los seres vivos que habitan en él, es la búsqueda y utilización de nuevos tipos de energías, las cuales sean más limpias que las anteriores y que puedan estar al alcance de la humanidad sin que estas se puedan agotar.

Como consecuencia de lo anterior, las energías renovables, energías provenientes de fuentes inagotables como lo son: el sol, el viento o el agua; energías más limpias y que las tradicionales, que dan un punto de inicio para el problema nombrado anteriormente.

De acuerdo a lo anterior, se ha querido dar a conocer una de las maneras en las que se puede captar y transformar energía para su utilización en dispositivos eléctricos del diario vivir. Se quiere implementar un sistema de abastecimiento de energía a partir de paneles fotovoltaicos, esto quiere decir que se captara, transformara y utilizara la energía producida por el sol, en dispositivos eléctricos. Con esto logrando generar un estudio técnico y financiero que produzca conclusiones acerca de la viabilidad de implementar este tipo de sistemas en obras civiles, siendo el inicio de una nueva generación de personas y construcciones más conscientes y responsables con el medio ambiente.

Y por consiguiente, se plantea la hipótesis en este proyecto, de analizar la viabilidad que tiene la producción de energía eléctrica a partir de la energía solar mediante un sistema de paneles fotovoltaicos, mediante un estudio técnico y financiero de dicho

¹ RECURSOS, RESIDUOS, IMPACTOS Y RIESGOS, artículo fuente, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, [en línea], fecha de consulta [17 de octubre del 2014], disponible en: <http://www.bioygeo.info/pdf/02_Medio_Ambiente_y_Desarrollo_Sostenible.pdf>

sistema para así concluir sobre las ventajas de implementar el sistema en las construcciones civiles, donde se podría aprovechar las grandes superficies de cubiertas que se ejecutan en los proyectos de construcción.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Colombia a lo largo de toda su historia ha tenido innumerables problemas en los cuales muchas personas han intentado intervenir, no con mucho éxito. Y a su vez han empezado a existir otros que al ser un poco más recientes, hasta el momento se han empezado a nombrar y por consiguiente investigar para poder tomar las respectivas medidas para su posible solución.

Entre esos se puede nombrar un problema que ha estado presente siempre, el cual es la marcada desigualdad que existe en la población colombiana, existen sectores de Colombia en los cuales abundan los recursos y las posibilidades y otros en los cuales no tienen acceso ni siquiera a los servicios correspondientes para un nivel de vida digno, este año según estudios del programa mundial de alimentos de las naciones unidas (PMA)², mostró como Colombia es uno de los países más expuestos al cambio climático a nivel mundial y además este estudio identifico seis (6) departamentos con alta vulnerabilidad a este cambio de clima y que además de esto tienen poco o muy difícil acceso a servicios como lo son el agua o la energía, lo cual reduce su capacidad de respuesta a cambios climáticos y así generando grandes problemas tanto a la población como a la flora y la fauna de estos lugares.

Razón por la cual, esta investigación, podría ser el punto de inicio para un cambio no solo medio ambiental, que reduzcan la gran cantidad de contaminantes que están afectando al medio ambiente y que están produciendo catástrofes de grandes magnitudes como lo son las sequías, inundaciones, cambios de hábitat para la fauna, entre otros; sino un cambio social, un cambio que pueda mitigar algunos de los problemas en grupos desfavorecidos de Colombia generando así mejoramiento en el estilo de vida de muchos colombianos, logrando de dicha manera poder atacar los grandes problemas de Colombia antes mencionados.

Mediante esta investigación, se dará a conocer resultados importantes acerca de cómo es el funcionamiento de un sistema de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos, basándose en mediciones realizadas en investigaciones previas realizadas en la Universidad Pontificia Bolivariana que apoyaran el análisis sobre la cantidad de energía real que puede captar y distribuir el sistema, para luego ser utilizada en dispositivos eléctricos, generando conclusiones técnicas y financieras que proporcionen una idea cuantitativa del beneficio económico de esta energía alternativa versus la energía tradicional, generando conclusiones que ayuden a realizar estimaciones económicas para que estos sistemas sean implementados en

²CARACOL NOTICIAS, artículo fuente, PROGRAMA MUNDIAL DE ALIMENTOS DE LAS NACIONES UNIDAS (PMA), [en línea], redacción [22 de abril del 2014], fecha de consulta [17 de octubre del 2014], disponible en: <<http://www.caracol.com.co/noticias/internacionales/colombia-esta-en-riesgo-de-desastres-naturales-por-cambio-climatico-onu/20140422/nota/2189383.aspx>>

lugares desfavorecidos logrando aumentar la oferta y la demanda de estas energías, y por ultimo pero no menos importante, poder mostrar nuevos sistemas alternativos, sistemas que sean amigables con el medio ambiente, que sean más efectivos y de más fácil acceso, mostrar los resultados obtenidos en todo este estudio y dar a conocer que la utilización de energías alternativas son el punto de inicio para lograr cambios sustanciales en el ambiente, generando así en una concientización en la mentalidad de las personas y con ello dando pie, para que los grandes líderes de Colombia puedan llegar a la conclusión que realizar una inversión en los colombianos y en el medio ambiente, nunca va a estar de más.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Analizar y estudiar un sistema de abastecimiento de energía eléctrica a partir de la energía solar en el campus de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, por medio de paneles fotovoltaicos; con el fin de concluir sobre la viabilidad de implementarlo en un proyecto de construcción de obras civiles.

1.3.2 Específicos

- Recopilar información y analizar la cantidad real de energía solar captada por un sistema de abastecimiento de energía por medio de los paneles solares, con el fin de aprovechar la potencia generada en la Universidad Pontificia Bolivariana – seccional Bucaramanga.
- Realizar análisis de viabilidad a nivel de un estudio técnico y financiero para el sistema. Lo anterior, recopilando información de sistemas ya implementados en proyectos de construcción en la ciudad de Bucaramanga que sirvan como línea base de comparación.
- Comparar la rentabilidad de diferentes escenarios de configuraciones de insumos para un sistema de abastecimiento de energía solar con el fin de recomendar la implementación del más rentable para que pueda ser construido en un proyecto de construcción de obra civil.
- Realizar una propuesta de un diseño arquitectónico el cual pueda servir como base para posibles implementaciones de sistemas de energías renovables, en este caso solares, en un futuro, con el fin de estar un paso más cerca a la sostenibilidad en obras civiles.

1.4 ANTECEDENTES

1.4.1 Energías renovables en el Mundo

Hoy en día una de las mayores amenazas que tiene la humanidad es el cambio climático, debido a la excesiva y desproporcionada utilización de los recursos naturales para nuestro beneficio, como lo es la combustión fósil. uno de los mayores responsables del cambio climático en el mundo proviene del sector energético, es por eso que la solución a este problema es el cambio o reducción del sistema energético que utilizamos actualmente, es por eso que en la actualidad se habla mucho de las energías renovables como una de las respuestas a la problemática del cambio climático.

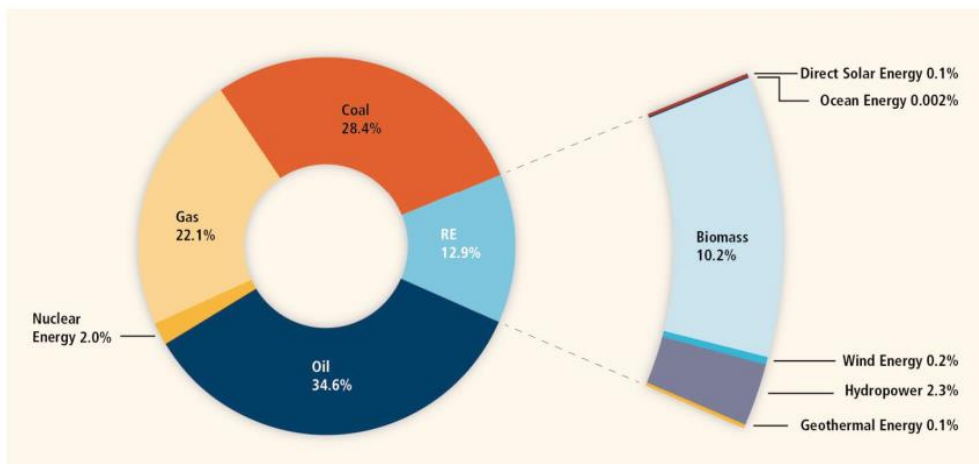
Diferentes organismos e instituciones internacionales como la Agencia Internacional de la energía (IEA), el instituto de prosperidad Tecnológica de la comisión Europea (IPTS), el Roadmap 2050 de la comisión Europea (EC, 2011) o el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC)³, han evaluado el potencial la participación que puede tener las energías renovables, como tecnologías energéticas con bajas o nulas emisiones de CO₂ para reducir el cambio climático. Según datos del informe especial del IPCC (2011) sobre fuentes de energías renovables y mitigación del cambio (SRREN), en 2008 la energía renovable representó globalmente el 12.9% de la energía primaria siendo la biomasa (10,2%) seguida por la energía hidráulica (2,3%)⁴.

En la siguiente figura se puede observar la contribución que hace cada fuente de energía al plano global, se puede observar que el mayor aporte de energía lo está dando la fuente energética del petróleo con un 34,6% y la contribución que está haciendo al plano global las fuentes de energía renovable es del 12,9 %, siendo la biomasa la fuente que más aporta a este tipo de energía. También se puede observar que la energía solar aporta al plano global un 0,1% del 12,9% que aportan las energías renovables, lo cual evidencia que todavía existen muchas investigaciones que abarcar en este campo.

³ Fuente: Xavier Labandeira, Pedro Linares, Klaas Wurzburg, ENERGIAS RENOVABLES Y CAMBIO CLIMATICO ,CAP 3.1 LA IMPORTACIA DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN LOS ESCENARIOS GLOBALES PAG 5, (en línea) fecha: Junio de 2012: <<http://www.eforenergy.org/docpublicaciones/documentos-de-trabajo/WP06-2012.pdf> >

⁴ Fuente: Xavier Labandeira, Pedro Linares, Klaas Wurzburg, ENERGIAS RENOVABLES Y CAMBIO CLIMATICO ,CAP 3.1 LA IMPORTACIA DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN LOS ESCENARIOS GLOBALES PAG 6, (en línea) fecha: Junio de 2012: <<http://www.eforenergy.org/docpublicaciones/documentos-de-trabajo/WP06-2012.pdf>>

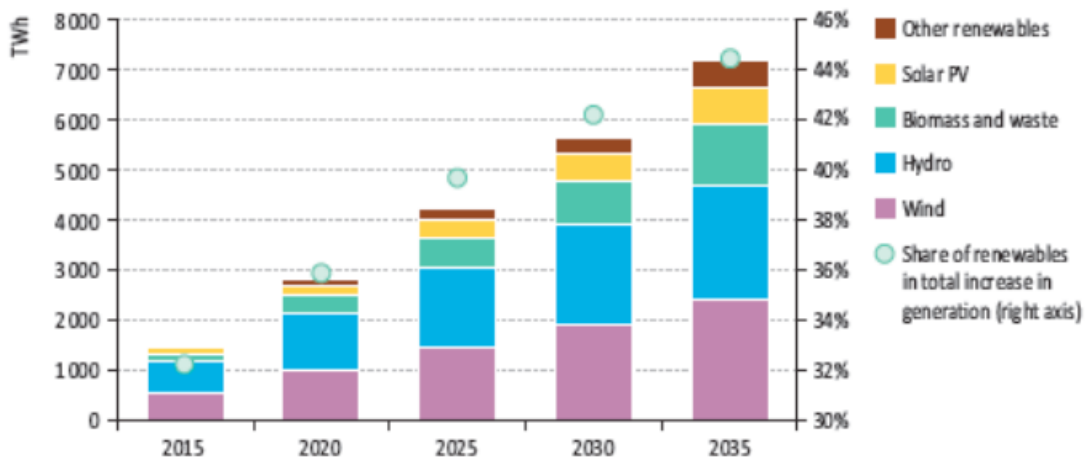
Figura 1. Contribución de distintas fuentes a la energía primaria global



Fuente: IPCC (2011)

La figura 2, muestra a un grupo de energías renovables. En el escenario de nuevas políticas de las prosperidad energética mundial (WEO) de la IEA, en las cuales las energías renovables se triplicaran entre 2009 y 2035 en la producción de energía eléctrica, siendo la energía eólica e hidráulica las que tienen un fuerte incremento y la energía solar fotovoltaica aunque es muy importante tiene un incremento del 2% para 2035.

Figura 2. Incremento de la generación eléctrica de fuentes renovables respecto a 2009 (Nuevas Políticas, WEO)



Fuente: IEA (2011)

La WEO recoge diferentes características con respecto al distribución geográfica, china encabeza la producción eólica y fotovoltaica. En el desarrollo de energía solar el Medio Oriente Norte de África hay un gran crecimiento en el desarrollo de estas energías.⁵

Pese a lo observado por las organizaciones e instituciones encargadas de del control de las energías renovables, es necesario seguir avanzando en la investigación e implementación de cada una de las energías renovables existentes con el fin de poder disminuir la demanda de la energías fósiles, y poder mitigar considerablemente el cambio climático en menor tiempo.

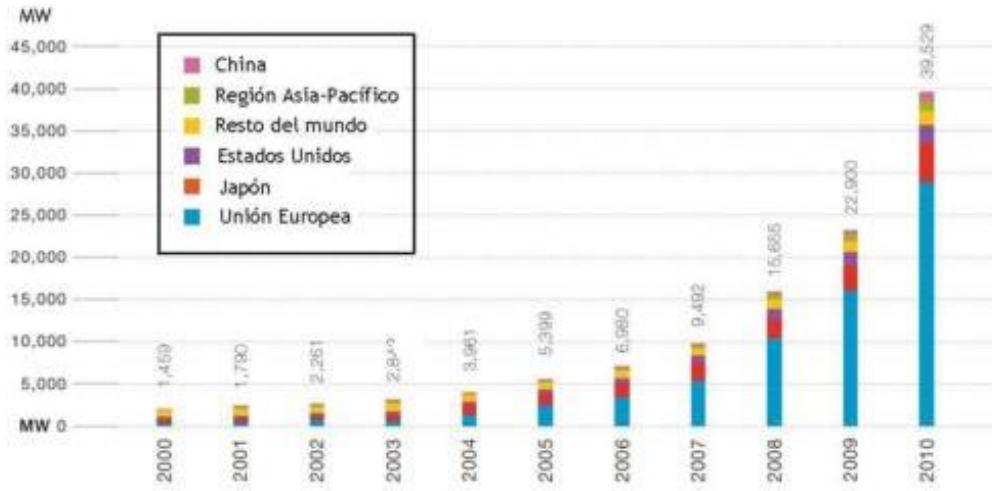
Europa es el principal productor de electricidad a partir de energía solar, como es Alemania y España, en América el mayor productor es Estados Unidos, China, Japón e India están implementando cada vez más energías solares. A finales del 2010 la potencia acumulada en el mundo era aproximadamente de 40.000 MWp Según European Photovoltaic Industry Association (EPIA), Los cuales 29.000 MWp, un 72% está en la unión Europea. Alemania y España con un 52% total mundial tienen la mayor potencia acumulada, Japón con 3.622 MW acumulados y EE.UU aproximadamente 2.727 MW representan el 9% y el 6.80% respectivamente de la potencia total. ⁶

En la siguiente figura, se presenta el histórico de potencia acumulada a nivel mundial en los últimos años con un crecimiento exponencial. Italia que en el año 2009 se convierte en el segundo productor de energía eléctrica con 711 Mw instalados, en el 2010 tiene un crecimiento de 2.321 MW más, Republica Checa aumento su potencial en 2009 de 411MW a 210 1.490 MW. Japón y estados unidos se mantuvieron con 990 MW y 980 MW instalados respectivamente.

⁵ Fuente: Xavier Labandeira, Pedro Linares, Klaas Wurzburg, ENERGIAS RENOVABLES Y CAMBIO CLIMATICO ,CAP 3.1 LA IMPORTACIA DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN LOS ESCENARIOS GLOBALES PAG 6, (en línea) fecha: Junio de 2012: <<http://www.eforenergy.org/docpublicaciones/documentos-de-trabajo/WP06-2012.pdf> >

⁶ Fuente: Anónimo, Situación actual de la energía solar fotovoltaica en el mundo según el Plan de Energías Renovables PER 2011-2020 , (en línea) <<http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=6209>>

Figura 3. Potencia acumulada en el mundo a 2010



Fuente: EPIA

1.4.2 Energía Solar en América

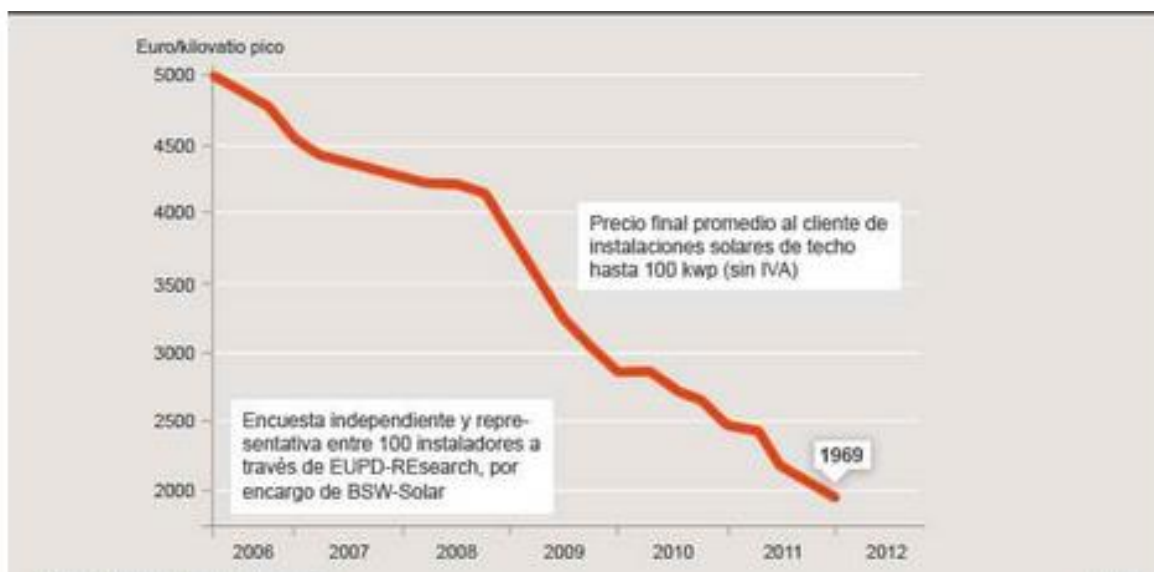
La Energía solar en América Latina está tomando gran fuerza, debido a la construcción de fábricas de paneles solares (sobre todo en china), y cada vez más la tecnología se aplica a los paneles solares, haciendo que su costo de construcción sea menor.

En la figura 4 se muestra que desde 2006 hasta el 2012 el precio de las instalaciones solares, cayó drásticamente un 60%.

Los países con más radiación solar promedio son México, Brasil, Chile y Perú. Aunque en también en el resto de la región menos en las zonas meridionales, aprovechan la energía solar, como los desiertos cerca a la costa pacífica y en el nordeste de Brasil.⁷

⁷ Fuente: DW, La energía solar en Latinoamérica, (en línea), <
<http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=6209>>
 28

Figura 4. Instalaciones solares desde el 2006 un 60% más baratas



Fuente: EISQ-Solar solutions

1.4.3 Protocolo de Kioto

Es un tratado el cual fue firmado el 11 de diciembre de 1999, con el cual las naciones industrializadas se comprometen a reducir las emisiones de gases a no menos de 5% a las alcanzadas en 1990, entre los años 2008 y 2012⁸, para combatir el cambio climático y sus efectos para disminuir el calentamiento global. Según la ONU, se prevé que la temperatura media de la superficie del planeta aumente entre 1.4° y 5.8° c para 2100, aunque los inviernos son más fríos y violentos. Esto es calentamiento global.

Para promover el desarrollo sostenible, se pactó el cumplimiento de compromisos de reducir las emisiones por parte de las naciones y de elaborar políticas y medidas para la eficiencia energética en los sectores de la economía, promoviendo actividades como modalidades agrícolas y forestales para reducir el cambio climático, investigando, promocionando y desarrollando nuevas fuentes de energías renovables y tecnologías amigables con el medio ambiente.

⁸ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. Convención Marco sobre el Cambio Climático [en línea]. <<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>.> [citado el 20 de agosto de 2013]

1.4.4 La Energía Solar en Colombia

Las primeras aplicaciones del desarrollo de la energía solar, iniciaron el siglo pasado en Santa Martha, con la instalación de calentadores solares para los empleados de las bananeras, más tarde se instalaron en la universidad de Santander calentadores solares domésticos de origen Israelí para estudiarlos. Con la crisis del petróleo en 1973, varias universidades del país desarrollaron la implementación de calentadores solares domésticos y grandes sistemas de calentamiento para ser usado en hospitales y cafeterías.

El sistema de calentamiento más utilizado fue un sistema que constaba de uno o varios colectores solares y su tanque de almacenamiento. El colector funcionaba con una parrilla de tubería de cobre, láminas de cobre o aluminio absorbente. La cubierta exterior era de vidrio templado y el aislamiento era de fibra de vidrio, icopor o poliuretano. El tanque era metálico. Estos desarrollos fueron muy adoptados en los años ochenta con una aplicación masiva como calentadores en urbanizaciones en Medellín y Bogotá. Con la llegada del gas natural que era más barato, este sistema fue decayendo en el mercado desde mediados de los noventa hasta la actualidad.

El desarrollo alcanzado en 1996 indicó que se habían instalado 48.901 metros cuadrados de calentadores solares, principalmente en Medellín y Bogotá, la mayoría de los sistemas funcionaban bien pero los usuarios esperaban más. Debido a que la demanda era superior a la capacidad de los mismos, no se realizaron nuevos estudios, actualmente, esta industria está en decadencia mientras hay otra crisis energética.

Los sistemas de paneles solares fotovoltaicos para generar electricidad ha tenido su mayor acogida en regiones rurales y zonas remotas debido al alto costo de los costos de los combustibles, y los costos de operación y mantenimiento, haciendo que la utilización de la radiación solar sea más económica a largo plazo. Surgió como el programa de telecomunicaciones rurales de Telecom en los años 80, con la Universidad Nacional. Trataba de la instalación de pequeños generadores fotovoltaicos de 60WP para radioteléfonos rurales, para 1983 habían instalados 2950 sistemas. Pronto se instalaron sistemas de 3 a 4 KWp para antenas satelitales. Muchas empresas instalaron estos sistemas para servicio de telecomunicaciones y actualmente se emplea en repetidoras de microondas, boyas, estaciones remotas y bases militares. Estudios realizados entre 1985 y 1994 reportaron que se habían importado 48.499 módulos solares para potencia de 2.05 MWp, los estudios también indicaron que una muestra de 248 sistemas, el 56% de los sistemas funcionaban, 37% funcionaban con algunos problemas y el 8% no estaban en servicio⁹, esto tal vez se debido a falta de mantenimiento.

⁹ Humberto Rodriguez Murcia, Desarrollo de la energía Solar en Colombia y Sus perspectivas [en línea]. <<http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>>

Para programas de electrificación rural, el sistema convencional para hogares aislados consta de un panel solar de 50 a 70 Wp, una batería entre 60 y 120 Ah y un regulador de carga. Estos sistemas suministran energía para iluminación, radio y TV, para cubrir las necesidades básicas de campesino. Los costos oscilan entre 1200 a 1500 dólares, debido a la instalación en zonas remotas¹⁰.

El mercado de sistema solares fotovoltaicos tuvo su gran acogida en los años ochenta pero en los años 90 con las dificultades de orden público frenaron su comercialización, aunque debido a eso se estima en el orden de 300 KW por año. Es decir en treinta años de desarrollo la potencia instalada sería del orden de 9 Mwp.

1.4.5 Proyectos de Investigación Realizados en Bucaramanga

1.4.5.1 Proyecto 1.

Oferta de energía solar fotovoltaica en el campus de la universidad pontificia bolivariana, seccional Bucaramanga área metropolitana y la mesa de los santos. Autor Nicolás Mauricio Solano García, Ingeniero Civil

Este proyecto se desarrolló con el fin de obtener un de la oferta de energía eléctrica fotovoltaica y las ventajas económicas utilizando un panel solar marca KYOCERA de potencia Máxima de 135 W, un controlador solar marca Morningstar, un pirómetro cc20 de Kipp & Zonen y una estación meteorológica Davis Advantange PRO, con el fin de obtener información climática de la zona, datos de radiación incidente, potencia y temperatura del ambiente y en el panel solar. Con los datos obtenidos se graficó del comportamiento diario de cada una de las variables que se deben tener en cuenta, cuando se va utilizar paneles para obtener energía solar. Concluyendo que las menores perdidas se producen cuando el panel se mantiene en temperaturas inferiores a los 30°, además que los picos máximos de potencia se generan entre las 12 y la 1 pm alcanzando 70 w/h. es decir que con un sistema de almacenamiento continuo puede generar 0.546 Kw¹¹. También concluyo que es una buena alternativa, ya que genera 0.07 Kw/h exento de pago por 10 años, dependiendo del retorno y la vida útil del panel.

¹⁰ Humberto Rodriguez Murcia, Desarrollo de la energia Solar en Colombia y Sus perspectivas [en línea]. <<http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>>

¹¹ Solano García Nicolás Mauricio, INGENIERO CIVIL, *OFERTA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, SECCIONAL BUCARAMANGA ÁREA METROPOLITANA Y LA MESA DE LOS SANTOS*, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, 2014.

1.4.5.2 Proyecto 2.

Evaluación del potencial de generación de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos en las edificaciones y zonas endurecidas de la sede central de la universidad industrial de Santander. Elaborada por Jesús Enrique Camargo Carvajal y Álvaro Andrés Dallos castellanos. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, escuela de Ingeniería eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones.

Este proyecto se generó con el fin de crear un precedente y evaluar un potencial de generación de energía eléctrica en la universidad industrial de Santander utilizando energías alternativas, con el fin de disminuir la contaminación ambiental y tener edificaciones auto-sostenibles energéticamente.

La metodología que utilizaron en la elaboración del proyecto consistió en cuatro etapas, inicialmente hallaron la incidencia de radiación solar en meseta de Bucaramanga durante el año 2010. La segunda consistió en encontrar las áreas disponibles y cumpliera con las características necesarias para la colocación de los paneles fotovoltaicos en los edificios y zonas endurecidas de la universidad industrial de Santander sede central. Una tercera etapa que se encargó de seleccionar el equipo que conforma un sistema de paneles fotovoltaicos que se adapte a las características de las zonas aptas en la implementación, como lo es la cantidad de consumo de energía de cada edificación. Finalmente se consolidó el potencial de generación de energía eléctrica utilizando los paneles fotovoltaicos en las zonas donde se utilizó el sistema de paneles fotovoltaicos en la universidad industrial de Santander.

Pudieron concluir que el territorio Colombiano es un lugar propicio para implementar sistemas fotovoltaicos debido a que se encuentra sobre la zona ecuatorial ya que existe gran incidencia de radiación solar que se puede aprovechar en la generación de energía eléctrica. Otra conclusión es que debido al gran consumo de energía eléctrica en cada edificación de la universidad, es imposible suplir el consumo total de las edificaciones utilizando sistema de paneles fotovoltaicos. Debido a la poca información que tiene el ministerio de minas y energía y las pocas garantías de tipo económico ofrecidas por el gobierno nacional, son grandes causas de la escasa inversión e implementación de proyectos de paneles solares fotovoltaicos en el territorio Colombiano.

1.4.5.3 Proyecto 3.

Diseño, Construcción Y Evaluación De Un Sistema De Calentamiento De Agua, Con Un Arreglo En Serie De Colectores De Placa Plana, Utilizando Energía Solar. Elaborado por Luis Adalberto Solano Díaz Y Hezzer Amaya Duran. Facultad De Ingeniería Mecánica Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga año 2014

El proyecto fue el diseño, construcción y evaluación de un sistema de calentamiento de agua con arreglo en serie de colectores de placa plana, utilizando la energía solar, utilizando para el diseño la capacidad de almacenamiento de 150 L/m², temperatura de consumo 70°C. hace parte del sistema dos colectores solares, el agua fue utilizada de las cafetería del campus universitario, la placa de absorción, la cubierta, el tanque de almacenamiento, los conductos de circulación de agua, aislantes, soportes y selladores. El sistema ofrece ahorro de gas, como la disminución de consumo eléctrico obteniendo beneficios sociales y ambientales.

El sistema de calentamiento está conformado por, la estructura de soporte de los colectores , que debe tener una inclinación y orientación para funcionamiento óptimo de los colectores, la estructura del tanque de almacenamiento manteniendo al tanque a una altura determinada para la recirculación del agua ya que actúa por gravedad, la placa de absorción es el encargado de absorber la radiación solar, para transformarla en energía y transferirla al fluido, cubierta es una lámina transparente encima de la placa absorbente, emitiéndole un 84 % a la placa que la absorberá, el tanque de almacenamiento, echo de acero inoxidable y resistente a la corrosión con una capacidad de 120 L y para el diseño soportando presiones de 120 y 220 psi, termocuplas tipo K encargadas de tomar las temperaturas de entrada y salida en cada colector, y la temperatura del tanque de almacenamiento, el serpentín tiene dos circuitos hidráulicos, uno instalado al tanque para la circulación de agua y otro el que va para el consumo de la cafetería utilizando tubería de cobre de 1 ½ “ y aislante térmico que se encarga de disminuir la perdida de calor desde el convertidor hasta el ambiente que lo rodea, se utilizó una manta térmica con recubrimiento de poliuretano en los costados¹².

Los cálculos para la elaboración del sistema constan de; el área para la placa de absorción, la carga térmica mensual, el volumen y las dimensiones del tanque de almacenamiento.

La metodología utilizada en el diseño del sistema se tuvo que tener en cuenta la radiación que incide en la región, el dimensionamiento de cada uno de los elementos tuvo en cuenta la energía que se necesita para elevar la temperatura desde su temperatura inicial hasta la de suministro. Para el área de la placa de

¹² Solano Díaz Luis Adalberto Y Amaya Duran Hezzer, *Diseño, Construcción Y Evaluación De Un Sistema De Calentamiento De Agua, Con Un Arreglo En Serie De Colectores De Placa Plana, Utilizando Energía Solar*, Facultad De Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga año 2014

absorción se tuvo en cuenta el promedio anual de la radiación en Bucaramanga y la ubicación del sistema para el área de placa de absorción por cada uno de los dos colectores. Para calentar el agua, para el colector y el tanque se necesitó calcular la carga térmica mensual, es decir el calor necesario para calentar 150 L de agua a 70°C y las pérdidas en el tanque de almacenamiento.

Fabricación de cada uno de los elementos del sistema: el tanque fue elaborado por una empresa capacitada para construir tanques a presión, elaborado de acero inoxidable, conexiones con niples, para la conexión de la tubería, para el aislamiento del tanque se utilizó una lámina de aluminio y después aplicándole el aislante térmico (poliuretano) sellándolo completamente con soldadura autógena y pintándose. Para la placa de absorción se utilizó lamina de. El serpentín se utilizó tubería de cobre, se soldó totalmente con soldadura y verificando que no existiera fugas. La cubierta debe garantizar la hermeticidad del colector con un marco cubriendo el vidrio templado. Para la estructura de soporte de los colectores se tuvo en cuenta la inclinación que deben tener los colectores. En la estructura de soporte del tanque de almacenamiento se utilizó tubos de 1 ½" x 1 ½" de calibre 14 y para un mejor apoyo se utilizaron 2 tramos de platina doblándolos para darle la forma del tanque¹³.

Algunos cálculos realizados previamente con los datos obtenidos durante las pruebas que se realizaron el día 29,30,31 de enero de febrero del año 2014, tomando datos en las entradas salidas de cada colector en el tanque de almacenamiento para poder hallar la eficiencia de los calentadores solares. Se realizaron pruebas variando la conexión en serie y paralelo.

Por medio del instituto de hidrología, meteorología y IDEAM se obtuvo el número promedio de horas de brillos solar en la zona de florida. Obteniendo las temperaturas de entrada y de salida con el termocuplas que se conectaron a un sistema de adquisición de datos. Todos los cálculos efectuados fueron realizados para cada una de las diferentes conexiones como en serie y paralelo y cada colector individualmente. Obtenidos los cálculos de cada una de las conexiones se obtuvieron las gráficas de eficiencia vs tiempo. Tomando la eficiencia promedio en cada instante de tiempo. Para esto se utilizaron cada una de las válvulas colocadas en el sistema. Distribuidas en la entrada de agua al colector, entrada de agua desde el tanque al colector, válvula de entrada del colector 1 al colector 2, válvula de salida de agua del colector 1 al tanque y del colector 2 al tanque, una válvula de desagüe del tanque, la válvula de suministro de agua a la red, una válvula de servicio de agua caliente y una válvula de seguridad. Se tomaron datos del colector 1, colector 2, la conexión en serie y en paralelo obteniendo la curva en la gráfica de eficiencia vs tiempo de cada una. Al obtener las eficiencias en cada una de las conexiones se hizo una comparación entre las eficiencias

¹³ Solano Díaz Luis Adalberto Y Amaya Duran Hezzer, *Diseño, Construcción Y Evaluación De Un Sistema De Calentamiento De Agua, Con Un Arreglo En Serie De Colectores De Placa Plana, Utilizando Energía Solar*, Facultad De Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga año 2014

máximas y mínimas, logrando una eficiencia máxima de 65.6% a las 11 am y una eficiencia mínima de 9.5% a la 1 pm correspondiente a la conexión del colector 2.

Conclusiones: Hicieron el diseño, la construcción y se evaluó un sistema de calentamiento de agua, con un arreglo en serie-paralelo de colectores de placa plana, utilizando energía solar, utilizado en la cafetería del campus de la universidad pontificia bolivariana. Con los datos obtenidos y los análisis realizados pudieron determinar que la conexión en paralelo alcanza una eficiencia máxima con margen de error de 61,6% +- 0.3% y en serie de 64% +- 0.6% siendo está más eficiente y en cada uno de los colectores se encontró una eficiencia de 65.9% +- 1.5% en el colector 2, y 55,6%+-0.3% en el colector 1¹⁴. El sistema termosifón es un principio físico que indica que el agua caliente tiende a ascender hacia la parte más alta del tanque por la pérdida de densidad del fluido, las pruebas realizadas se notó que dentro del tanque de almacenamiento se da una recirculación donde la temperatura del agua va aumentando a medida que la radiación solar incide sobre las placas obteniendo temperaturas de 40°C y 45°C. Cuando el sistema no recibe radiación solar se encuentra en equilibrio y el agua se estanca, con los datos adquiridos, se notó que la temperatura disminuyo a 4°C por más de 12 horas sin luz solar.

1.4.5.4 Proyecto 4.

ESTUDIO TÉCNICO Y FINANCIERO DE IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES ENFOCADOS A CENTROS COMERCIALES. Elaborado por Oscar Antonio Arenas Santamaria y Andres Mauricio Oviedo Pinzon. Facultad de Ingenierias Fisico-Mecanicas. Escuela De Ingenierias Electrica, Electronica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial De Santander.

Este trabajo fue elaborado con el fin de hacer el estudio técnico, financiero y analizar la generación de electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos, para ser implementado en un centro comercial, específicamente en el techo que contiene un área considerable para ser utilizada en la instalación. Se estimó la electricidad necesaria para suplir la tarifa horaria que se presenta en los centros comerciales. Se dimensiono los elementos que conforma el sistema según, la radiación que recibe el lugar de la instalación, la electricidad necesaria a suplir y el área que se cuenta para la instalación de los paneles solares fotovoltaicos. Con esto pretendía determinar las ventajas económicas y las dificultades tecnológicas y financieras que implicaba la utilización de este sistema en los centros comerciales para reducir sus costos de operación.

¹⁴ Solano Díaz Luis Adalberto Y Amaya Duran Hezzer, *Diseño, Construcción Y Evaluación De Un Sistema De Calentamiento De Agua, Con Un Arreglo En Serie De Colectores De Placa Plana, Utilizando Energía Solar*, Facultad De Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga año 2014

En el análisis técnico, se tuvo en cuenta la clasificación del centro comercial, debido a que según su tamaño y finalidad, ya que en el interior del centro comercial puede variar la utilización de carga o energía eléctrica ya sea por grandes motores de bombeo, ventilación, iluminación, electrodomésticos de las zonas comunes, pueden tener distintas redes de distribución de baja tensión, además que los centros comerciales cuentan con iluminaciones de emergencia y circuitos especiales de respaldo que son importantes cuando la fuente de alimentación falla.

Para el estudio se realizó el análisis de las zonas comunes, los diseños varían en cuatro opciones principales Según su finalidad: 1. cubrir toda la carga de las zonas comunes, es decir se dimensiona para cubrir la totalidad de la energía consumida por el sistema, 2. Cubrir una parte de la carga de las zonas comunes, se dimensiona para cubrir la totalidad de energía consumida en algunos circuitos del sistema, 3. Cubrir toda la carga de las zonas comunes durante ciertas horas, en este caso el sistema se dimensiona para cubrir la energía consumida en ciertas horas, 4. Cubrir parte de la carga de la zonas comunes para ciertas horas, el sistema se dimensiona para cubrir parte de la energía consumida en una franja de horas determinadas¹⁵.

Para la el diseño del sistema fotovoltaico se hizo un análisis para un centro comercial de tres plantas y un sótano de parqueaderos, que contiene un área de techo considerable. Se tuvo en cuenta la carga que se va a suplir con el sistema FV según la disponibilidad energética solar y el consumo del sistema, para esto se tiene el registro del comportamiento del consumo horario de las zonas comunes del centro comercial, para la disponibilidad energética se requiere tener en cuenta el área que se dispone, para el caso de los centros comerciales las azoteas o techos son solamente utilizados para uso de cuartos de máquinas y aires acondicionados.

Para determinar la carga a suplir, es necesario tener en cuenta la energía consumida y la energía disponible para saber si alcanza a suplir la totalidad de la energía necesaria o parte de ella.

Para el análisis financiero para la inversión del sistema de paneles fotovoltaicos, se tuvo en cuenta los criterios para el estudio correspondiente; la inversión del proyecto, corresponde a toda la inversión inicial, como lo es los paneles solares, las baterías, los reguladores, los inversores, las obras civiles y otros que hacen parte de la inversión inicial.

Para la inversión a lo largo del proyecto, se tuvo en cuenta los costos de administración, operación y mantenimiento de los equipos. Los ingresos se consideran como un ahorro aparente o estimado, como lo es el precio de la

¹⁵ Fuente: Arenas Santamaría Oscar Antonio, Oviedo Pinzón Andrés Mauricio, *Estudio Técnico Y Financiero De Implementación De Paneles Solares Enfocado A Centros Comerciales*, Universidad Industrial de Santander, Facultad Ingeniería Físico-Mecánica, 2009, (en línea) < <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2956/2/132237.pdf> >

energía que varía dependiendo la tarifa y la magnitud del centro comercial estimando el costo que tendrá en el futuro.

La evaluación de la inversión se tiene en cuenta los criterios de evaluación financiera como son el VPN (Valor Presente Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y el periodo de recuperación y su comportamiento ante la inflación, comportamiento del mercado y financiación. Al haber analizado cada uno de los estudios realizados se propuso un diseño prototipo para cubrir la iluminación de las zonas generales y exteriores del centro comercial en la franja horaria 18-21. Se hizo el dimensionamiento y selección de cada uno de los equipos del sistema, el esquema de conexión de cada uno de los equipos, luego haciendo el presupuesto de la inversión inicial para luego hacer la evaluación financiera.

Concluyendo que se pudo realizar todos los aspectos principales, técnicos y financieros a tener en cuenta al realizar una implementación de sistemas de generación fotovoltaica en centros comerciales, siguiendo las regulaciones técnico y tarifario en Santander, y los pasos para hacer el dimensionamiento de cada elemento que compone el sistema, así como la inversión necesaria para poder implementar el sistema para la reducción del costo de operación de centros comerciales, elaborando un diseño prototipo para ser implementado en un centro comercial similar en la ciudad de Bucaramanga. También concluyendo que la implementación del sistema fotovoltaico no trae un beneficio económico a corto o mediano plazo, a largo plazo puede ser rentable si el costo de la energía suba significativamente. Según el estudio realizado para invertir en un sistema fotovoltaico no es financieramente atractivo, pero que trae un beneficio ecológico considerable al aportar energía eléctrica que no proviene del sistema, siendo esta una fuente de energía limpia.

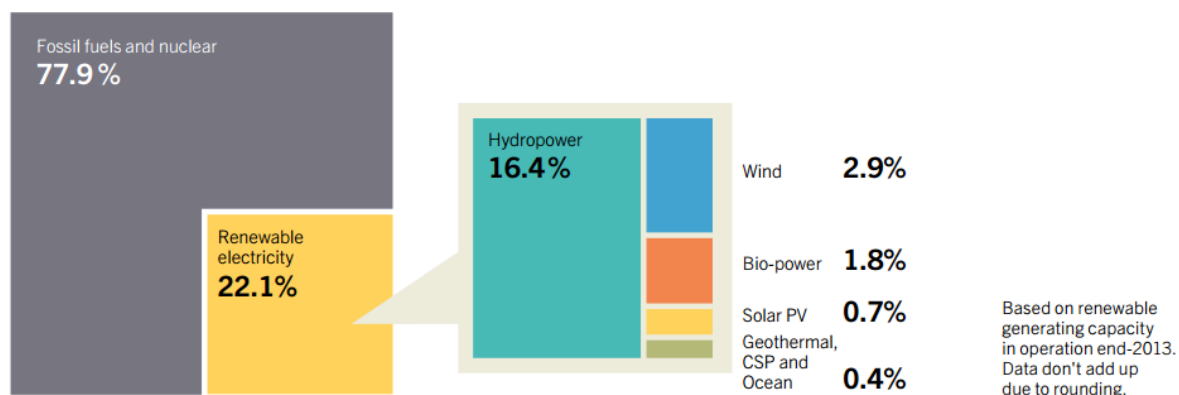
1.5 MARCO TEÓRICO

1.5.1 La energía renovable

Son fuentes energéticas de origen natural por lo que son limpias y amigables con el medio ambiente e inagotables por lo que puede ser la gran solución para cambiar las energías tradicionales que se siguen utilizando. Existen diferentes tipos de energías renovables, como la energía solar, eólica, hidráulica, la biomasa y la geotérmica son algunas de las que existen y se están probando en la actualidad.

Como se evidencia en la figura 5, en los últimos años la energía renovable ha tenido un crecimiento progresivo importante en su ,según la **Renewables Global Status Report** estima que a finales del año 2013 la energía generada mundialmente la encabezada los combustibles fósiles y nuclear de un 77.9%, bajando con respecto al 2012, y un 22.1% de la electricidad renovable, siendo la principal la producida por las hidroeléctricas, seguida por la de viento con 2.9%, bioenergía con un 1,8%, la solar con 0,7 % y la geotérmica y de océanos con un 0,4%, teniendo un importante aumento con respecto al 2012. Como muestra en la figura.

Figura 5. Cantidad de energía eléctrica renovable producida frente a la de energía eléctrica producida tradicionalmente.



Fuente: REN 21, *Reporte global de energías renovables 2014*, (en línea) fecha: 2014 última edición, disponible en: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_KeyFindings_low%20res.pdf >

1.5.1.1 Energía Solar

Se puede decir que es la más importante debido a que todas las energías renovables son consideradas de origen solar, se fundamenta en aprovechar la radiación solar de dos formas, por el efecto fotovoltaico y por la obtención de energía térmica. Gracias a que es obtenida de forma directa y que se puede aprovechar en el mismo lugar donde se va a utilizar, sea de fácil obtención.

Energía solar pasiva: Consiste en aprovechar la radiación solar de forma directa por medio natural captación, almacenamiento y distribución con equipos y dispositivos amigables con el medio ambiente.

1.5.1.1.1 Energía solar en el mundo

Por medio de estudios recientes, se puede intuir que en un futuro no muy lejano la población mundial estará cada vez más propensa a sufrir de una falta de suministros para la producción de energía eléctrica, por lo tanto, mediante formulaciones y cálculos científicos se puede determinar que para el 2030, se podría suministrar energía con la implementación de 496.805 Km.¹⁶ Para suministrar energía para todo el planeta.

España es el segundo país productor de energía solar en el mundo, para el mes de mayo del año 2005 se generaban 1.085 Megavatios de energía por medio de paneles fotovoltaicos y en el 2006, se generaban 156 Megavatios, según la COMISION NACIONAL DE ENERGIA (CNE), viendo así como por medio de políticas y legislación, se puede tener un aumento sustancial en la producción de la cantidad de energía limpia.

Alemania es otro ejemplo de la utilización de energías limpias como la solar, ya que a pesar de ser uno de los países con menos radiación solar anual, fue productora de 3.800 Megavatios a finales del año 2008.

1.5.1.1.2 Energía solar en Colombia

El IPSE (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas) está pensando en la posibilidad de la implementación de sistemas híbridos solares y eólicos el territorio de San Andrés, más específicamente en zonas residenciales y hoteles, posibilidad pensada, ya que allí se consume en promedio 1.1 millones de galones de diésel al mes.

¹⁶ Trabajo de grado: ANALISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA USANDO ENERGIA SOLAR PARA USO RESIDENCIAL. Autor: Farley Calvo Bohórquez, Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería, Antioquia, Medellín.

Adicionalmente a esto, en el año 2009, se dio fin a un proyecto situado en La Alta Guajira, más específicamente en Nazaret, el cual constaba de la implementación de seguidores solares cuyo fin es alimentar las escuelas locales.

En Isla Fuerte, Córdoba, se inició una obra, la cual se trataba de la implementación de un sistema de refrigeración solar para poder conservar los alimentos, en especial aquellos provenientes del agua, todo esto debido a su gran actividad pesquera.

La empresa DURESPO en compañía con la empresa de Energía de Bogotá, hizo su aporte en las energías limpias, haciendo comentarios acerca de la implementación de sistemas de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos en escuelas de Ubalá, Cundinamarca, donde al final, se implementaron tecnologías las cuales suministraban iluminación a estos recintos. Allí se implementaron kit fotovoltaicos de 127 W para cada una de las escuelas, logrando suministrar energía para cuatro puntos de iluminación durante un periodo de cuatro horas por día y seis horas de energía para dos computadores, en promedio se realizó una inversión de seis millones de pesos por kit.

1.5.1.2 Energía térmica

Es la que por medio de colectores solares absorbe la radiación solar y la convierte en calor para calentar fluidos que circulan por el interior de captosres solares térmicos, puede ser utilizada tanto en la calefacción y el agua caliente de casas como regular la temperatura de piscinas.

1.5.2 Oferta Natural

Todos los recursos naturales existentes en el planeta tierra, son fuentes completamente utilizables y aprovechables por el hombre, para poder brindarle un impulso en su desarrollo económico y social. Entre estos existen los recursos renovables y no renovables, el hombre a lo largo de mucho tiempo ha utilizado aquellos recursos que en dado caso que se llegaran a agotar, su proceso natural para poder volver a estar presentes en la tierra tardaría miles de años, además de la gran cantidad de contaminación que estos traen, por tal motivo se deben empezar a crear y utilizar tecnologías para poder aprovechar al máximo aquellos recursos que son sostenibles y limpios con el medio ambiente, como lo son: la radiación solar, el agua, el viento, entro muchos otros, que pueden ser utilizados como materia prima para producir energía con un adecuado sistema de recolección y distribución.

1.5.3 Sol como fuente de energía

La mayoría de la energía que utilizamos y que provee el funcionamiento de la tierra viene del sol debido a que la tierra intercepta una cantidad próxima de 1300 a 1400 W/ m² aproximadamente¹⁷ o 4500 veces mayor a lo que consumimos, llegando a al planeta por medio de la radiación directa y la segunda por la reflexión de la radiación solar la radiación difusa la cual es la utilizada para captarla en los paneles fotovoltaicos. Para poder aprovecharse tiene que tenerse en cuenta la intensidad de la radiación, los ciclos diarios y estacionarios que son sometidos la tierra y las condiciones climatológicas de cada lugar.

1.5.3.1 El Sol

El sol ha estado activo alrededor de 4.600 millones de años y logra tener suficiente combustible como para permanecer activo otros cinco mil millones de años más.

El sol es un factor sumamente importante en nuestro sistema solar y de especial importancia para el planeta tierra. Su gran magnitud podría albergar alrededor del 98%de la masa total del sistema solar y sus altas temperaturas, 6.000 ° C son las que le dan a los seres vivos del planeta tierra la energía necesaria para poder vivir. Esta gran cantidad de energía, se crea en el interior del sol, en este punto, este puede alcanzar temperaturas hasta de 15.000.000 ° C, y estas altas temperaturas combinadas con las grandes presiones, son las que logran llevar a cabo las reacciones nucleares.

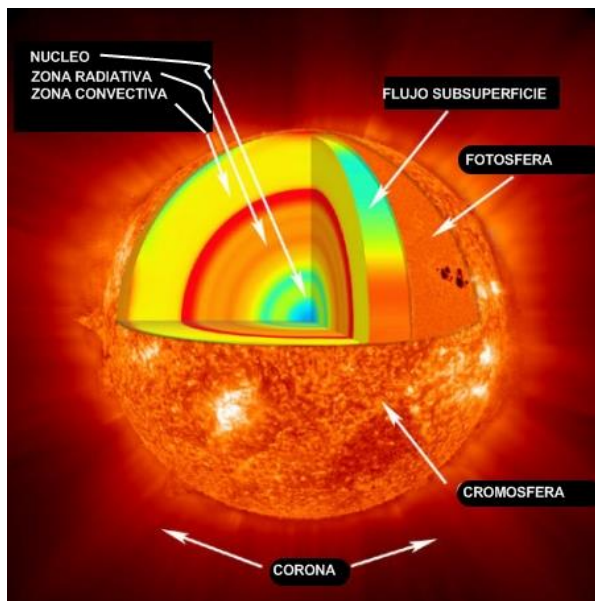
Estas reacciones forman núcleos de cuatro protones para fundirse juntos y formar un núcleo de helio y esta es expulsada, por medio de la energía, a la superficie del sol, por medio de la convección, en donde es liberada la luz y el calor. Esta energía generada en el centro del sol tarda aproximadamente un millón de años para alcanzar la superficie solar.

En cada segundo que pasa se convierten alrededor de 700 millones de toneladas de hidrogeno en cenizas de helio y en este proceso se generan 5 millones de toneladas de pura energía.

En la siguiente figura, se puede evidenciar la estructura que posee el Sol, como se observa este está compuesto por un núcleo, seguido de la zona radioactiva y la zona convectiva, luego está el flujo sub superficial, la fotosfera y luego cromosfera y finalmente esta la corona solar.

¹⁷ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Energía Solar para zonas no interconectadas, IPSE. Medellín. 2011

Figura 6. Estructura del sol



Fuente: ANIMACIONES ASTRONOMICAS, *El sol, nuestra estrella*, (en línea) fecha: 2014, disponible en: < [http:// http://animacionesastronomicas.bligoo.es/el-sol-nuestra-estrella](http://animacionesastronomicas.bligoo.es/el-sol-nuestra-estrella)>

1.5.4 Radiación solar

Es la energía emitida por el sol, que es emitida por todo el espacio por medio de ondas electromagnéticas, y cuando llega a la tierra es absorbida de dos maneras, de forma directa cuando los rayos del sol no son obstaculizados llegando directamente y la forma llamada difusa cuando es atrapada por la atmósfera o las nubes y después enviada a la tierra, estas dos son llamadas radiación global que equivalen a la totalidad de energía que llega a la tierra, existe otra radiación que se refleja en la atmósfera y no llega a la tierra perdiéndose.

La radiación solar emitida por el sol, constituye la principal fuente de energía para el planeta tierra, ya que gracias a esta, la temperatura de superficie terrestre es aproximadamente 250 veces más alta de lo que sería si solo dependiera de su calor interno.

Se puede decir que el sol radia aproximadamente con una potencia de 3.8×10^{23} kW, de los cuales la tierra intercepta alrededor de 1.7×10^{14} kW.

La radiación solar tiene pérdidas al momento de traspasar la atmósfera, el 30% de la radiación solar se vuelve pérdidas por reflexión, el 23% se convierten en pérdidas por convección atmosférica y solo el 47% de la radiación es absorbida, como se evidencia en la figura 7.

Figura 7. Distribución de las pérdidas de la radiación solar incidente



Fuente: IPSE (2011)

1.5.4.1 Tipos de radiación solar

Cuando la radiación solar, cuando atraviesa la atmosfera hace contacto con diferentes tipos de partículas provenientes de muchas sustancias como lo son los aerosoles, partículas de polvo, etcétera. Esta interacción da como resultado que se produzcan dos tipos de radiación solar, la radiación solar difusa y la radiación solar directa.

La radiación solar directa, es aquella fracción de radiación solar que llega a la superficie de la tierra con trayectoria bien definida, al contrario de la radiación difusa, la cual es aquella radiación que al hacer contacto con las sustancias de la atmosfera no tiene una trayectoria definida. La suma de estas dos radiaciones es lo que se conoce como radiación solar global.

1.5.4.2 Radiación solar en Colombia

La medición de la radiación solar que hay en Colombia se ha podido lograr gracias a las estaciones meteorológicas del IDEAM (Instituto de estudios

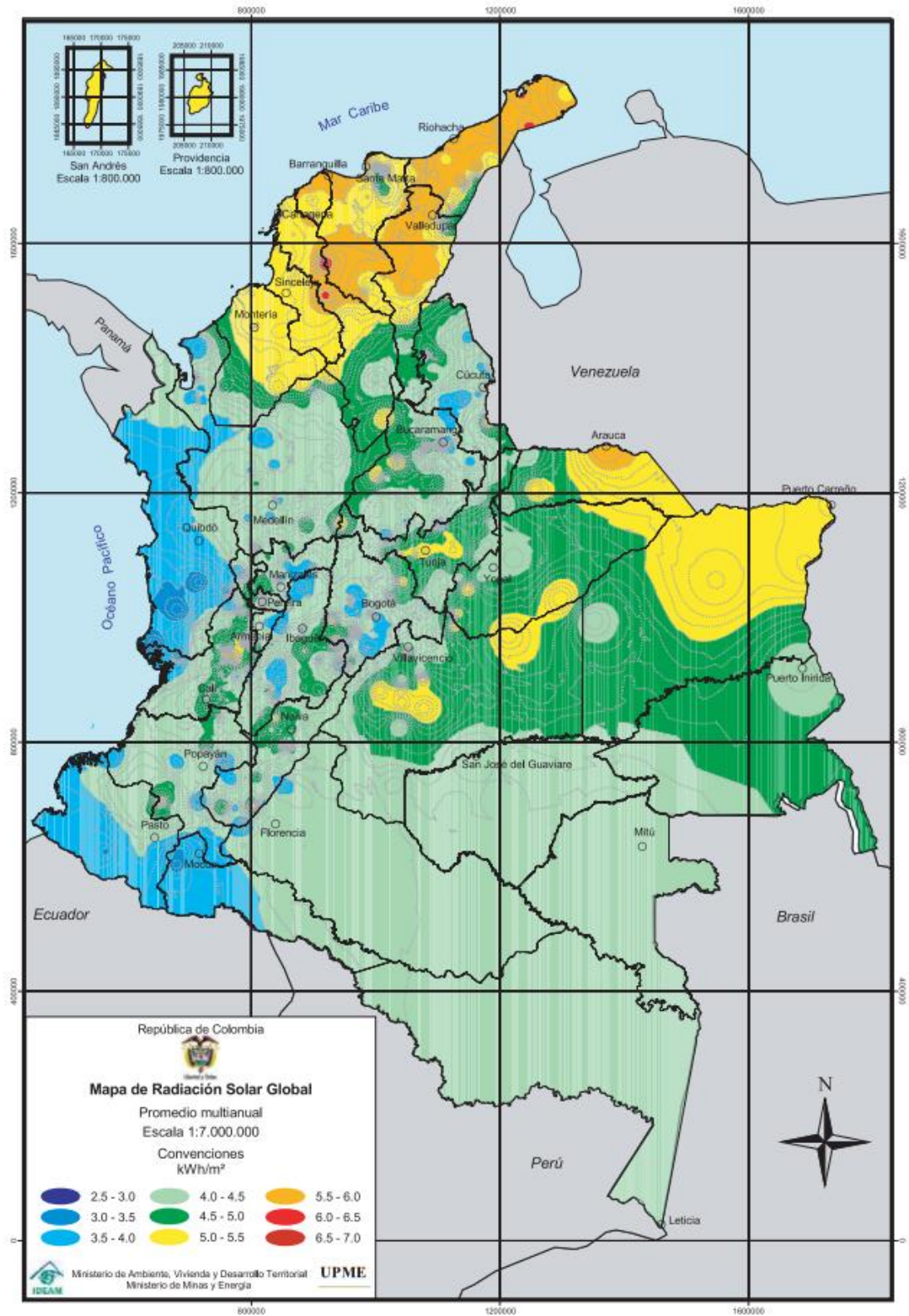
ambientales), esta medición se ha efectuado para todo el país, en especial para la Costa atlántica y la Sabana de Bogotá. Posterior a esto se efectuaron más estudios para complementar esta información y se logró crear el atlas de radiación solar de Colombia.

La región andina muestra que zonas como el Valle del Cauca y el Magdalena poseen el mayor potencial de intensidad de radiación de dicha región, a medida que se va subiendo geográficamente por el territorio esta radiación va disminuyendo gradualmente, exceptuando ciertos núcleos que están ubicados en zonas denominadas altiplanos.

En regiones costeras, los resultados muestran que en la Guajira, el potencial solar promedio diario esta entre 5,0 y 6,0 kWh/m², siendo este el mayor de todo el país, este valor va disminuyendo gradualmente en dirección sureste de la costa pacífica, lugar geográfico donde se presenta el menor potencial solar del país, con unos valores promedio diario de 3,5 kWh/m²¹⁸.

¹⁸ Trabajo de grado, DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA, CON UN ARREGLO EN SERIO DE COLECTORES DE PLACA PLANA, UTILIZANDO ENERGIA SOLAR. Autor: Luis Adelberto Solano Díaz y Heizer Amaya Duran, Universidad Pontificia Bolivariana, 2014.

Figura 8. Mapa de radiación solar anual.



Fuente: Atlas de radiación solar (UPME), en línea, disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/2Mapas_Radiacion_Solar.pdf

1.5.5 Efecto Fotovoltaico

Es un proceso descubierto por H. Hertz en 1887 que se trata en el cual los metales liberan electrones cuando se les incide luz. Se puede encontrar en el alumbrado público, en máquinas copadoras, en las celdas fotovoltaicas e innumerables aplicaciones en el diario vivir, aprovechando la luz del sol para utilizarla en la vida transformándola en luz eléctrica.

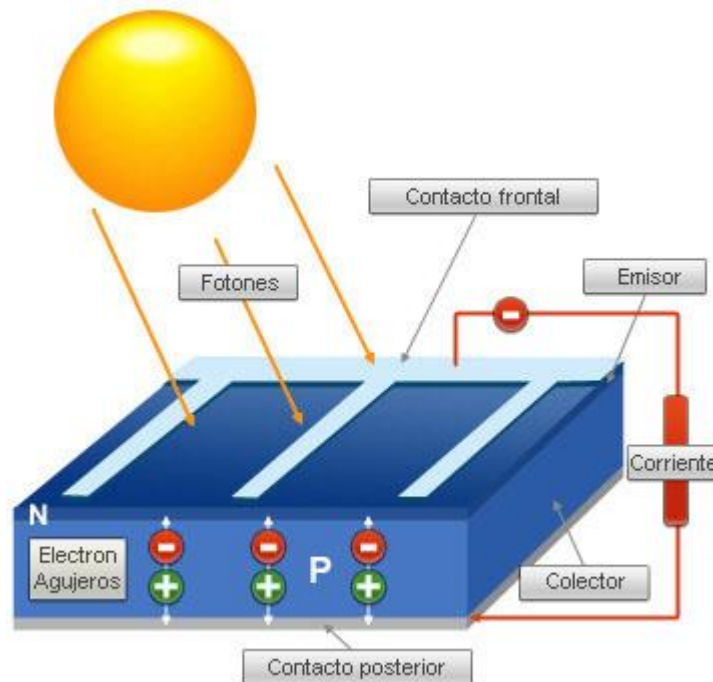
Por lo tanto es posible la producción de energía eléctrica o electricidad por la acción directa de las radiaciones solares sobre dispositivos tecnológicos que logren recolectarla y transformarla en electricidad.

1.5.5.1 Célula Solar o fotovoltaica

Es un elemento primordial a la hora de transformar la luz solar y se encarga de captarla para después transformarla en energía eléctrica por medio del efecto fotovoltaico, esto es posible gracias al material con el que están construidas, los cuales son semiconductores, cuya conductividad es incrementada cuando son alcanzados por los fotones de la radiación visible. Para generar una corriente eléctrica a partir del movimiento de los electrones generado por el efecto fotovoltaico, es necesario direccionarlo, logrando así generar la electricidad.

Existen diferentes tipos de células pero las más comunes son las hechas por láminas de silicio, un material semiconductor.

Figura 9. Célula fotovoltaica.



Fuente: DHAMMA ENERGY, *Funcionamiento de los componentes de un sistema de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos, como se crea la corriente*, (en línea) fecha: 2014, disponible en: < http://www.dhammaenergy.com/es/comment_marche.asp >

1.5.6 Energía Fotovoltaica

Es la que se obtienen del sol por medio de paneles fotovoltaicos que contienen células solares, que se compone de un material semiconductor, que al no tener sus electrones lo suficientemente ligados son arrancados por la energía entrante de los fotones generando un campo eléctrico, que permite un libre circulación de los electrones generando así la energía eléctrica, de esta forma transformando la radiación solar a energía eléctrica.

1.5.6.1 Parámetros de la energía solar fotovoltaica

Se van a describir ciertos parámetros, los cuales son de suma importancia y utilidad para poder y comparar un sistema de abastecimiento de energía solar por medio de paneles solares frente a otro tipo de tecnologías.

1.5.6.1.1 Potencia

Es la velocidad a la cual se consume la energía o se realiza un trabajo, esta también puede cuantificar la capacidad que existe en un dispositivo electrónico, al ya estar instalado a la planta de generación de energía.

1.5.6.1.2 Temperatura de Operación

Esta temperatura es aquella que a la cual la instalada solar genera energía, en un rango definido de operación.

1.5.6.1.3 Factor de utilización o capacidad anual

La disponibilidad de energía solar presente, siempre se verá afectada en cualquier zona geográfica del globo terrestre por diferentes factores como lo son: los ciclos día-noche, la absorción de radiación solar de la atmosfera, los cambios climáticos y por las características de los equipos utilizados para la captación solar, por lo cual, por no decir en todos los casos, en una muy alta probabilidad nunca se podrá sacar un máximo aprovechamiento del sistema instalado.

1.5.6.1.4 Eficiencia pico

Esta hace referencia al factor de eficiencia que se logra obtener del sistema instalado concorde a la curva horaria de incidencia del sol actuando sobre este.

1.5.6.1.5 Costos

Según estudios promovidos por el Banco Mundial, se concluye que las tecnologías de concentración solar (TCS), son la forma más económica de producir electricidad a gran escala, usando como materia prima la energía solar.

Cabe resaltar que los costos de generación de energía eléctrica por medio de energía fotovoltaica, está entre los valores de 0,2 y 0,25 dólares kwh, tomado directamente del panel solar.¹⁹

¹⁹ Trabajo de grado: ANALISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA USANDO ENERGIA SOLAR PARA USO RESIDENCIAL. Autor: Farley Calvo Bohórquez, Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería, Antioquia, Medellín.

1.5.7 Paneles solar fotovoltaicos

Son también llamados módulos solares que es la unión de muchas células fotovoltaicas integradas eléctricamente que absorben la radiación solar para transformarla en energía eléctrica. Los paneles solares fotovoltaicos están compuestos por láminas delgadas de silicato o las células fotovoltaicas que son hechas de un material semiconductor, un vidrio templado que deja pasar la luz solar en un 92% , se encarga de proteger las células fotovoltaicas y sus conexiones de la intemperie, la humedad y de más factores que lo puedan deteriorar. Esto soportado por una estructura de aluminio rígida.

En el mercado existen diferentes tipos de paneles y estos pueden ser clasificados dependiendo de la forma geométrica que tienen, entre estos podemos encontrar los: paneles de bajo formato o tipo teja, los cuales pueden ser utilizados alineándoles entre sí, formando así un tejado y permitiendo cubrir una gran superficie, también encontramos los paneles bifaciales, capaces de recolectar la radiación solar por sus dos caras, utilizándose en superficies blancas o transparentes que puedan reflejar la radiación, además de darle un toque arquitectónico fenomenal.

Figura 10. Paneles solares.



Fuente: Magazine 23, *Nuevos avances en energía solar: los paneles solares se pueden usar para tener calefacción y aire acondicionado.* (En línea), disponible en <<http://fundacion-eticotaku.org/2013/11/15/nuevos-avances-en-energia-solar-los-paneles-solares-se-pueden-usar-para-tener-calefaccion-y-aire-acondicionado>>

1.5.8 Tipos de instalaciones Solares

La electricidad ya transformada por el sistema se puede utilizar de dos maneras, una de ellas es almacenarla en baterías para una utilización posterior y la segunda manera es conectándola directamente a la red de distribución eléctrica.

1.5.8.1 Instalaciones solares FV aisladas o autónoma

Estos están casi siempre ubicados en lugares donde no hay una oferta de suministro de energía eléctrica, para poder almacenar la energía eléctrica generada por el sistema, se debe usar una fuente de energía y esta debe ser fiable para poder suministrar la energía ya sea de día o de noche.

Estos son utilizados por todo el mundo para suministro de electricidad a luces, aparatos electrónicos, entre otros. Este tipo de instalación se puede utilizar o adecuar a corriente continua o alterna, según sea su destino final, el único cambio es que para corriente alterna se debe añadir un inversor entre la batería y la carga.

Figura 11. Instalaciones solares FV aisladas



Fuente: ENERHELIA, *Energía solar fotovoltaica aislada*, (en línea) fecha: 2014, disponible en: < <http://www.enerhelia.es/energia-solar-fotovoltaica-aislada/>>

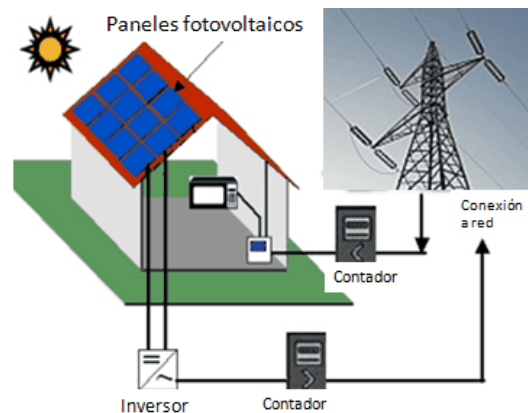
1.5.8.2 Instalaciones solares FV conectadas a una red

Está a diferencia de la instalación aislada, vierte toda la energía generada a una red de distribución de electricidad, con el fin de que esté disponible para cualquier captador en cualquier momento. Esta instalación tiene una gran ventaja, la cual es

que carece de baterías, ya que no se necesita acumularla, por lo cual es más simple su instalación.

Este sistema conlleva que se necesite: un inversor, contadores y el generador fotovoltaico, además de que el sistema deba tener ciertos requisitos de seguridad para que no se vea perjudicada la red en ningún momento.

Figura 12. Instalaciones solares FV conectadas a una red



Fuente: ADRFORMACION, *Curso de energía solar fotovoltaica*, (en línea) fecha: 2014, disponible en: <http://www.adrformacion.com/cursos/solarfoto/leccion1/tutorial4.html/>>

1.5.9 Componentes de las instalaciones solares

Para la instalación del sistema de paneles fotovoltaicos se debe tener en cuenta que puede ser aplicado de dos formas, cuando se va instalar el sistema independiente a la red eléctrica, es decir, se va utilizar solo los paneles solares como fuente de energía y reemplazarla por energía eléctrica tradicional, y si el sistema de paneles será conectado a la red eléctrica con el objetivo de que sea un sistema alternativo a este, para reducir el consumo de la electricidad tradicional y a si bajar tanto los costos como ayudar al medio ambiente. Es necesario tenerlo presente cuando se instale todo el sistema.

Cuando se vayan a instalar los paneles solares hay que tener en cuenta varios aspectos importantes, la ubicación y dirección debido a que dependiendo el lugar y la hora de en qué hay más sol pueden haber obstáculos que impida que los rayos solares lleguen a los paneles. Si se quiere tener un máximo rendimiento es necesario que los paneles solares estén en un ángulo de inclinación favorable debido a que dependiendo del grado que se encuentre los paneles puede captar mayor o menor radiación. El aporte diario de los paneles solares, teniendo en cuenta este aspecto se puede saber cuánta energía puede proporcionar, si se utiliza más de un panel, es necesario tener un distancia mínimo entre ellos para evitar que la sombra de estos afecte a los demás.

Figura 13. Sistema de energía solar por medio de paneles solares fotovoltaicos.



Fuente: ENERHELIA, *componentes de un sistema de energía solar por medio de paneles fotovoltaicos*, (en línea) fecha: 2014, disponible en: < <http://www.enerhelia.es/energia-solar-fotovoltaica-aislada/> >

1.5.9.1 Paneles o módulos solares

Estos son los encargados directamente de recibir las radiaciones solares e interiormente convertir estas en corrientes de energía eléctrica.

1.5.9.2 Reguladores de carga

Se encarga de proteger a las baterías debido a la cantidad de radiación solar que puede absorber los paneles regulándola y ajustándola con el fin que no se produzca una sobrecarga, también puede servir para dar información. Existen varios reguladores, los más comunes son los autos reguladores, reguladores en paralelo o en serie, reguladores de modulación de ancho de pulso.

Figura 14. Reguladores de carga



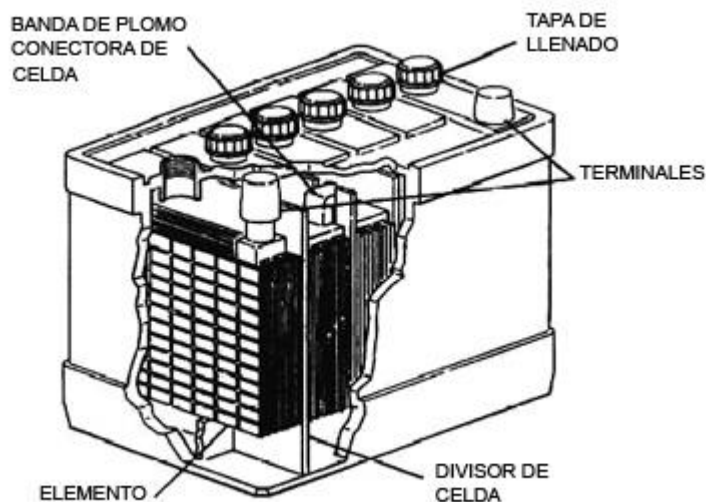
Fuente: anónimo, *Energía solar, sistemas fotovoltaicos*, (en línea) fecha: 7 de Mayo de 2010, disponible en: < <https://cleanpress.wordpress.com/tag/sistema-fotovoltaico/>>

1.5.9.3 Baterías

Se encargan de almacenar la energía necesaria para cuando no se puede absorber luz solar debido a mal clima o porque es de noche y así dar un suministro continuo. Cuando los paneles solares no pueden proporcionar la corriente necesaria para hacer funcionar un dispositivo eléctrico, la batería le ayuda a generar más intensidad eléctrica. Las baterías que más se utilizan en el sistema fotovoltaico son las de plomo-ácido (SLI Automotriz o modificadas), las baterías de níquel cadmio y las baterías tubulares.

Las baterías deben ser sometidas al ciclado diario y al ciclado estacionario, el ciclado diario se debe a un consumo de la energía en las horas de la noche y el ciclado estacionario se debe cuando existen periodos de baja radiación cuyas características de profundidad y duración dependen del consumo diario durante las 24 horas del día y del clima de la zona donde esté ubicado el sistema. Por lo tanto los requisitos que se deben tener en cuenta para poder obtener una batería son la resistencia al ciclado y el poco mantenimiento de esta.

Figura 15. Baterías.



Fuente: Anónimo, *Baterías para paneles solares fotovoltaicos*, (en línea) fecha: 17 de septiembre de 2012, disponible en: < <http://eliseosebastian.com/baterias-para-paneles-solares-fotovoltaicos-2/>>

1.5.9.3.1 Baterías de Níquel

Son baterías recargables, especiales para el uso industrial o residencial, poco a poco se han venido desvaneciendo porque tienen dos grandes desventajas las cuales son su efecto memoria y el cadmio como componente de estas, el cual es altamente contaminante. Presenta ciclos de carga y descarga entre 1.000 y 1.500, aproximadamente, estas baterías no se deben poner a cargar hasta que estén totalmente descargadas, ya que esto aumenta su probabilidad de deterioro.

1.5.9.3.2 Baterías de plomo ácido

Están constituidas de por un ánodo de bióxido de plomo, un cátodo de plomo y un electrolito de ácido sulfúrico el cual debe estar diluido en el agua. Estas baterías tienen un inconveniente el cual es que al tener que emplear mucho tiempo en su fabricación el costo de estas es elevado, además que por la penetración del electrolito en el interior, limita la velocidad de carga y descarga.

1.5.9.4 Inversor o Convertidor

Es un dispositivo que se encarga de pasar la corriente directa (DC) en corriente alterna (AC) y subir el voltaje de las baterías necesario para igualar el suministro de la red eléctrica requerido para que funcionen las cargas.

Figura 16. Inversor o Convertidor



Fuente: Anónimo, *Inversores de energía para sistemas de paneles solares fotovoltaicos*, (en línea) fecha: 2012, disponible en: < <http://eliseosebastian.tumblr.com/post/31268924890/inversores-de-energia-para-sistemas-de-paneles-solares> >

1.5.9.5 Complementos del sistema

Son los cables encargados de conectar cada uno de los paneles y los otros equipos del sistema, tienen que ser una alta calidad debido a que tienen que protegerse de la intemperie y de la humedad para que no se desgasten rápidamente e intervengan en el funcionamiento del sistema. Las conexiones que en la terminales de cada uno de los equipos también tienen que ser protegidas con capuchones de goma para que nada se introduzca en los equipos y los pueda dañar, por lo que tienen que estar muy bien impermeables.

1.5.10 Cálculo para la instalación solar FV

Estos cálculos se deben realizar para poder medir la demanda media de electricidad. Para ello se debe conocer perfectamente los equipos que se van a conectar en la instalación, tener los valores de su consumo promedio y conocer si estos funcionan con corriente alterna o continua.

Basándonos en la premisa que la mayoría de los dispositivos eléctricos funcionan con la corriente continua, se puede aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 1. Consumo total mediante la corriente continua.²⁰

$$CT = Fc \times \sum Ca \times t$$

Donde, CT es el consumo total, Ca es el consumo de cada dispositivo y t, es el tiempo que cada dispositivo estará conectado. Fc, es un factor de corrección, cuyo valor es 1.4 y es necesario ya que este supe las pérdidas del sistema.

El cálculo de la energía diaria que puede suministrar el panel o modulo, se realiza por medio del conocimiento de las radiaciones de la zona geográfica, las horas en las que hay radiaciones, la inclinación y las mejores inclinaciones para el modulo o panel solar, de esta manera podemos aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 2. Calculo de energía diaria suministrada por el panel.²¹

$$E = P \times Fr$$

Donde, E es la energía eléctrica suministrada por el panel o modulo, P es la potencia del panel y Fr es un factor de corrección, este factor es regional y por tanto depende de la zona geográfica, para Bucaramanga este factor varía entre 4 y 4.5 (como se observó en la figura del atlas solar).

Para calcular los módulos o paneles necesarios para el sistema, se requiere de la siguiente expresión:

²⁰ Fuente: RES & RUE Dissemination, *Energía solar fotovoltaica, Energías limpias*, (en línea), disponible en: < <http://www.cecua.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/2%20fotovoltaica.htm>>

²¹ Fuente: RES & RUE Dissemination, *Energía solar fotovoltaica, Energías limpias*, (en línea), disponible en: < <http://www.cecua.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/2%20fotovoltaica.htm>>

Ecuación 3. Calculo de la cantidad de paneles para el sistema.²²

$$FV = \frac{DMD}{Ed}$$

Donde, FV son los paneles fotovoltaicos que se necesitan, DMD es la demanda media y E es la energía que suministra o da cada panel en periodos del día.

²² Fuente: Europe Sunfields, *Calculo de sistemas fotovoltaicos autónomos*, (en línea), disponible en: <<http://www.sfe-solar.com/calculo-sistemas-fotovoltaicos-aislados-autonomos/>>

2. METODOLOGÍA

2.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN. (REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA)

2.1.1 Recolección información Teórica

Al comenzar el trabajo de grado, se realizó una recolección de información en la biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana y en las páginas web, haciendo una selección específica de la bibliografía a utilizar, con el fin de tener el material más idóneo para comprender y tener los conceptos claros en el tema, se utilizó libros como; Energías renovables, Segunda edición, España, Madrid del autor: Mario Ortega Rodríguez, Editorial THOMSON PARANINFO, Energías renovables para el desarrollo, Primera edición, España, Madrid, del autor: Juana José María, Editorial THOMSON PARANINFO, Oferta de energía solar fotovoltaica en el campus de la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, área Metropolitana del autor: Nicolás Mauricio Solano García, Todo disponible en la Biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga.

En cuanto a las consultas en la web, se encontraron documentos y tesis que ayudaron a tener un mejor enfoque en el proyecto, entre esos están: Estudio de la disposición de celdas solares de paneles fotovoltaicos de celdas solares en paneles fotovoltaicos de 10W para analizar su eficiencia de energía de conversión de energía, de Juan Guamán Brito, Estudio técnico y financiero de implementación de paneles solares enfocado a centros comerciales, Universidad de Santander, las demás consultas que se escogieron se encuentran referenciadas en la Bibliografía.

2.1.2 Recolección de Información Mediante Asesorías

La investigación se apoyó fundamentalmente en asesorías a docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana; entre estas asesorías, se puede referenciar a: el Ingeniero Civil M.Sc Iván Andrés Herrera Galvis, el Ingeniero Mecánico Oscar Andrés López Anaya, profesor de la Universidad y Gerente de proyectos de la Empresa ERGEA S.A.S., que fueron contactados por medio de correos electrónicos y llamadas con el fin de programar citas con cada uno de ellos y al Ingeniero Mecánico, Director de la Facultad de Ingeniería Mecánica Emil Hernández Arroyo, contactado por el Director del Proyecto, con el cual se programó una reunión.

En estas asesorías, los docentes compartieron sus conocimientos y experiencias en el campo de las energías renovables no convencionales, en especial la energía solar, base de la investigación, todo esto, con el fin de tener una idea clara del funcionamiento de este tipo de sistemas captadores de energía solar, instalación de los paneles solares y los equipos que hacen parte del sistema de captación, conocer la mejor manera de utilizar el sistema y poder obtener la mayor eficiencia del mismo.

Para el diseño arquitectónico que se propuso en el proyecto para la instalación de los paneles solares en los parqueaderos del edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, se contactó a la Arquitecta Erika Pirajon González, para que elaborara los Diseños del tipo de cubierta a utilizar y el dimensionamiento que tendrá.

2.1.3 Recolección de Información de Proveedores y Equipos, en Bucaramanga y Colombia

Se solicitó información a los proveedores que se han especializado en la venta, implementación y asesoría en cada uno de los equipos a utilizar en este tipo de sistemas de captación de energía por medio de paneles solares fotovoltaicos.

Para ello se buscó empresas en el área Metropolitana de Bucaramanga, en Santander y en Colombia, con el fin de tener una lista de proveedores y poder solicitar cotizaciones y preguntas detalladas de cada uno de los equipos a utilizar. Cabe resaltar que hubo empresas de las cuales nunca se recibió respuesta y otras en las que su respuesta demoraba mucho tiempo y era poco profesional, por lo cual se hizo una selección, la información de los proveedores se encuentra en la siguiente tabla.

En el Anexo 4 esta se detalla cada uno de los insumos analizados en el proyecto.

Tabla 1. Proveedores de los Sistemas Fotovoltaicos

PROVEEDORES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN COLOMBIA				
EMPRESA	SEDE	PAGINA WEB	DIRECCION	TELEFONO
ERGEA S.A.S	Bucaramanga	www.ergea.com.co	-	3217253385
INGESOLAR	Bogota	http://ingesolar.com.co	Cr22 15-34	(57) (1) 7613365
ELECTRO SOLAR COL.	Medellin	www.electrosolardecolombia.com	Carrera 50 # 45-106	311 265 2325
AMBIENTE SOLUCIONES	Medellin	www.ambientesoluciones.com	Calle 47 D N° 72 - 83	3042034249
GREEN ENERGY LATIN AMERICA	Cartagena	info@greenenergy-latinamerica.com	Calle 6 N° 3-17,	317 404 5629
DURESPO	Bogota	www.durespo.com	Autopista Norte # 122 - 78	(+571) 6036262
I+D ELECTRONICA	Medellin	www.didacticaelectronicas.com	Cr53 50-51 L-205	(57) (4) 2931423
SOLAR PLUS	Medellin	www.solarplusonline.com	Calle 10 No. 32c-115	(57- 4) 448 3363
HYBRYTEC	Bogota	www.hybrytec.com	Cra 14 No. 89 - 48	314 889 41 91
ACCOLOMBIA	Cali	www.ACCOLOMBIA.COM	-	3117767616
ZIGOR SUCURSAL COLOMBIA S.A	Bogota	www.Zigor.com/co	Cll 162 N° 20-49	(57) 6776292

Fuente: Autor.

2.2 HERRAMIENTAS OFIMATICAS UTILIZADAS

Para hacer el análisis técnico y financiero se utilizó el software MICROSOFT EXCEL, elaborando una hoja de cálculo didáctica, donde contiene los siguientes ítems:

- Inversiones y Costos: Contiene los insumos que hacen parte de un sistema de captación de energía solar, estos están separados en: paneles solares, reguladores de carga, inversores y baterías. A su vez se realizó una clasificación con los siguientes parámetros: el proveedor, la referencia, el precio, ficha técnica.

Para saber cuáles eran los equipos más favorables a utilizar, teniendo en cuenta en los paneles solares el precio por Watts que generaba, los reguladores de carga el precio por amperaje generado, inversores el precio por el potencial de salida en Watts que suministra y las baterías el precio por el amperaje que generaba, seleccionando cinco insumos de cada equipo.

- Aplicación en cubiertas: Contiene los planos proporcionados por Servicios Generales de los parqueaderos descubiertos del edificio K, estos fueron separados en dos zonas, con imágenes detallando cada zona, las cubiertas a utilizar y el área a utilizar en cada zona, a su vez, también se encuentran los diseños arquitectónicos de las cubiertas, con su dimensionamiento al detalle.
- Consumo Eléctrico: Se encuentra el histórico de datos del consumo eléctrico de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga de cada mes del año, estos datos son los recibidos por Servicios Generales y son los consumos de Enero a Noviembre del 2014, también hay, una tabla con las tarifas eléctricas por Kilowatt hora en el área metropolitana de Bucaramanga del mes de enero del 2015, extractadas de la página web de ESSA, para obtener el precio del consumo de cada mes de la Universidad. A su vez, también se obtuvo el precio a pagar por la universidad mensualmente durante el 2014 y con ello obteniendo el valor anual que hubo por conceptos de energía eléctrica en la Universidad.
- Proyección Del Precio de la Electricidad: Contiene una tabla con la tarifa de consumo de cada mes a nivel comercial e industrial y cada uno de los niveles de medida que ofrece la electrificadora de Santander ESSA, obteniendo de la página web de la ESSA, estas tarifas están comprendidas entre el mes de enero del 2013 a febrero de 2015. Para hacer este análisis de proyección, se escogió la Tarifa oficial con nivel de medida I de cliente de la ESSA, siendo la tarifa más alta, se graficaron los datos históricos y mediante una línea de tendencia lineal se obtuvo la proyección de la tarifa a 25 años (2040) mes a mes, para luego promediar las tarifas mensuales de cada año y obtener una tarifa promedio anual.
- Selección del Sistema Eléctrico: Contiene una tabla con la radiación mensual en el Área Metropolitana de Bucaramanga obtenidas del IDEAM, una imagen con el atlas de radiación solar de cada región del país, siendo para el caso del Área Metropolitana de Bucaramanga, la región Andina con un rango de 1080-1620 kWh/m²/año.

Mediante la radiación solar mensual, los paneles solares seleccionados que contienen la eficiencia y el área de cada uno, se elaboró una tabla que contiene la potencia en Kwh que suministra cada panel por mes, para luego estimar un valor anual de la potencia, por medio de una sumatoria.

- Análisis Financiero: Contiene dos escenarios, uno hipotético y uno real, siendo este último el que se evaluó en el proyecto. La tabla que se elaboró para el caso hipotético, se realizó con el fin de saber cuántos paneles de 250 y 260 watts, se tendría que utilizar para abastecer el 20%, 40%, 60%, 80% y 100% del total del consumo eléctrico de cada mes generado por la Universidad. Para la segunda

tabla, el caso real, se tienen datos del área total de las dos zonas de cubiertas que se utilizarán en los parqueaderos, luego, por medio del área de cada uno de los paneles, se calcula el número de paneles que pueden ser instalados en las cubiertas, para luego, hallar la producción de potencia en kwh por mes y anual, generada por cada tipo de panel.

- Ingresos: Con los paneles calculados en la hoja de análisis financiero y utilizando el precio de la tarifa anual proyectada al año 2040, calculada en la hoja de proyección precios de electricidad, se obtienen los ingresos que generaría el sistema de captación anualmente, calculado según el tipo de panel, haciendo una sumatoria de todos estos ingresos anuales durante el periodo de 25 años (tiempo de vida útil del panel fotovoltaico).
- Inversión: Las tablas están clasificadas por varias opciones o escenarios (cinco) según el sistema de captación que se escogió, esto incluye: cada uno de los insumos seleccionados anteriormente, también, precios, cantidades y totales, a su vez, se hicieron dos tablas dinámicas, para que la persona que quiera usar la herramienta pueda escoger los insumos y las cantidades que desee para el sistema de captación, y escoger si lo quiere inyectado a la red o es independiente a esta, en las tablas existen dos totales, uno es el costo total del sistema de captación de energía y el otro teniendo en cuenta el costo de infraestructura donde se colocaran los paneles.
- Resultados: Contiene el flujo de caja del proyecto, según la opción del sistema de captación que se seleccione, arroja una inversión total y los ingresos de cada año, dando a conocer el tiempo en que se recupera la inversión y se empieza a obtener ganancia en el proyecto. La tabla del valor presente neto (VPN) contiene todos los valores de los ingresos menos los egresos en los 25 años y los lleva al tiempo presente con una tasa de descuento equivalente a la tasa de oportunidad de acceder a la inversión de capital en una entidad financiera colombiana. Con la tabla de tasa de oportunidad se puede comparar la rentabilidad del proyecto con respecto a otros negocios a los 25 años de vida del proyecto. En la tabla del Tasa Interna de Retorno se puede analizar qué tan rentable es el proyecto, teniendo que si la TIR es igual o mayor a la tasa de oportunidad el negocio es rentable.

2.3 ANALISIS TECNICO

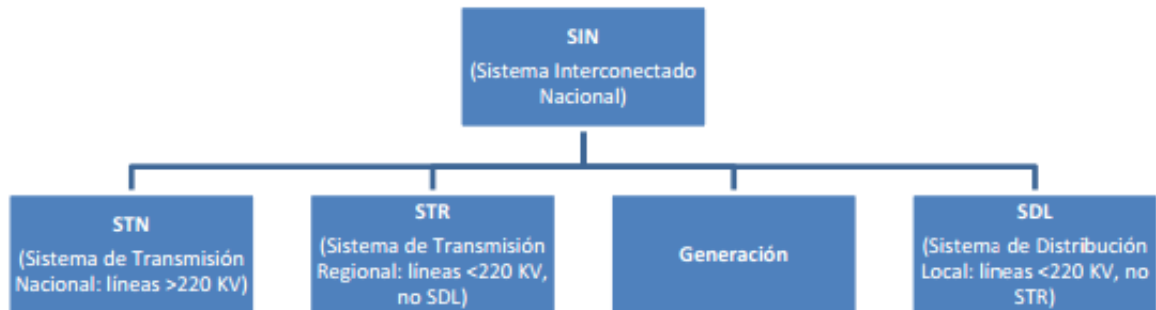
El sistema eléctrico de Bucaramanga, está compuesto esencialmente por los sectores de generación, transmisión y distribución, los cuales poseen clientes regulados y libres.

Explicando esto, la energía eléctrica, luego de ser generada es transportada grandes distancias mediante el sistema de transmisión, este segmento opera con voltajes entre los 30 kV y 450 kV.

La energía, al llegar a las subestaciones primarias, es reducida en su voltaje a niveles de alta tensión de distribución (24 kV, 14 kV, 12 kV) pasando al sistema

de distribución, el cual procede a adentrarse hasta los diferentes sectores de consumo, esto también es conocido como distribución primaria. Dentro de estos sistemas, se reduce nuevamente el voltaje en las subestaciones secundarias a 220 V y 380 V. Estos últimos corresponden a la energía que suministra a los clientes residenciales, comerciales y pequeñas industrias.

Figura 17. Composición de la infraestructura del sistema eléctrico



Fuente: Lozano Ignacio, Rincón Hernán, *Formación de las tarifas eléctricas e inflación en Colombia*. Consultado en web, en línea, disponible en < <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra634.pdf>>

2.3.1 Potencial energético

El potencial energético es aquella energía que está presente en el medio ambiente, este potencial es general y tiene diferente denominación dependiendo de la fuente de energía donde esté presente, ya sea: eólico, solar, hidráulico o nuclear. Este tipo de potencial puede ser aprovechado con una mayor eficiencia mediante el uso de avances tecnológicos.

Para la implementación de sistemas de abastecimiento de energía por medio de paneles fotovoltaicos, se requiere de fuentes de energía renovable no convencionales que sean capaces de producir electricidad. En teoría, todas las fuentes de energía renovable no convencionales son capaces de producir energía eléctrica, pero si se considera que el sistema está enfocado para implementarse a nivel comercial (universidad), procurando hacer masiva su implementación en Bucaramanga y porque no, en el territorio Colombiano.

Las energías que cobran mayor enfoque a estos sistemas, son: la energía solar y la energía eólica (haciendo un enfoque más específico, se tendrá en cuenta la energía solar), esto se debe, a que las otras requieren un costo muy alto en cuando a la adecuación de la infraestructura y tener una localización específica para que funcionen correctamente.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos determinar el potencial energético solar, de las regiones colombianas teniendo en cuenta como parámetro de diferenciación, la radiación ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{año}$) (ver anexo 1).

Tabla 2. Radiación Anual De Colombia Por Regiones

REGION	$\text{kWh}/\text{m}^2/\text{año}$
Guajira	1.980 - 2.340
Costa Atlántica	1.260 – 2.340
Orinoquia	1.440 – 2.160
Amazonia	1.440 – 1.800
Andina	1.080 – 1.620
Costa Pacifica	1.080 – 1.440

Fuente: Atlas De Radiación

Para realizar un buen cálculo del potencial energético solar de cada región, se consideran datos anuales, ya que de esta manera se evita la variabilidad propia de cualquier región en el transcurso del año.

2.3.2 Potencial solar

En el caso de esta investigación, el potencial energético a estudiar es el solar, es aquel que se obtiene mediante la captación de luz y calor emitidos por el Sol. Esta radiación se aprovecha mediante el calor que se produce por la absorción de la radiación. Esta potencia tiene una variación dependiendo de la localización geográfica donde se tome la medición y también del momento del día, particularmente por las condiciones atmosféricas que se presente.

Como premisa general, se asume que el valor de la radiación en óptimas condiciones y con una superficie de afectación perpendicular a la radiación, es de aproximadamente $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ ²³ en la superficie terrestre, potencia conocida como irradiación.

El potencial solar está determinado por la radiación solar. Para ello se utilizara la radiación de Colombia acumulada mensual y anual para la región Andina la cual va a ser la región en la cual se realizara el estudio. En este caso, la radiación que recibe un panel fotovoltaico, depende de la orientación de este (azimut e inclinación).

Basándose en un datos tomados por el IDEAM, acerca de la radiación mensual y anual de cada ciudad por medio de estaciones colocadas estratégicamente, se logró obtener estos datos, de la radiación mensual que está llegando a Bucaramanga y su área metropolitana.

²³ Fuente: Meteorología y climatología de Navarra, *Energía solar*, Disponible en web (en línea), <<http://meteo.navarra.es/energiasrenovables/energiasolar.cfm>>

Mediante estas mediciones se logró hacer una recopilación de la radiación mensual acumulada y anual acumulada, la cual está entre los rangos dados por el IDEAM para la Región en la que está ubicada Bucaramanga (Andina) y se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 3. Radiación solar mensual acumulada de Bucaramanga y su área metropolitana.

RADIACION SOLAR MENSUAL ACUMULADA	
MES	(kWh/m²)
Enero	181
Febrero	116
Marzo	107
Abril	109
Mayo	119
Junio	94
Julio	119
Agosto	119
Septiembre	111
Octubre	114
Noviembre	133
Diciembre	163
TOTAL	1485

Fuente: IDEAM

Cabe destacar que estas mediciones se hacen diariamente y estos valores, son los promedios de cada mes, esto, se considera ya que pueden haber muchas variables en el clima que afecten la radiación solar que recibe la región y hace que los paneles fotovoltaicos tengan una recolección de radiación mayor o menor, según las condiciones climáticas de cada día y secuencialmente de cada mes y año.

2.3.3 Infraestructura Pública

Una de las grandes ventajas que tiene este tipo de sistema, es que para su implementación se puede utilizar la misma red de distribución existente.

En Colombia, los sistemas de distribución locales operan con una corriente alterna (AC) a un voltaje de 220 V y una frecuencia de 50 Hz. En el caso de este sistema, se produce corriente continua (DC), por lo tanto, para poder ser inyectada a la red, se debe usar un dispositivo electrónico llamado, inversor, el cual transforma la corriente DC en corriente AC, y de esta manera puede la energía ser inyectada a la red pública.

Generalizando, los sistemas de distribución y transmisión están capacitados para la inyección de energía (en este caso originaria del sistema fotovoltaico), siempre y cuando esta sea inyectada con las características anteriormente dichas.

La energía inyectada, por tener un voltaje de 220 V, no tiene un mayor alcance, ya que para que esta pueda llegar a mayores distancias se requiere de mayores voltajes, por ello, el alcance que tendría la energía, sería local, es decir, solo por la red secundaria, sin llegar a usar la red de distribución primaria. Además de lo dicho anteriormente, tampoco se podría inyectar a la red primaria, ya que la única interacción que pueden tener los clientes regulados con el mercado eléctrico, es por medio del sistema de distribución secundario.

2.3.4 Infraestructura en el Campus de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga

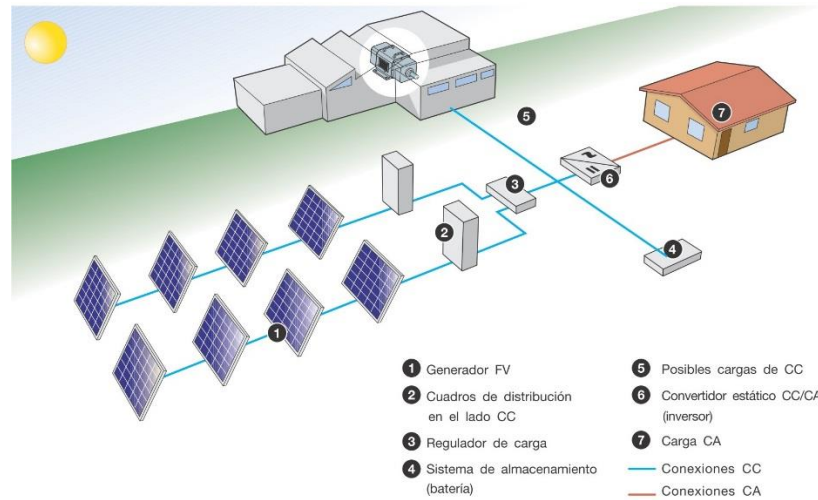
Se debe poseer una fuente de energía renovable no convencional que pueda generar energía eléctrica, en los que se destacan en este caso, los paneles fotovoltaicos.

Para este sistema se requiere:

- Fuente de energía renovable no convencional (FV)
- Panel Fotovoltaico
- Inversor
- Regulador de carga
- Batería (en dado caso que no se tenga acceso a una red de distribución de energía, en este caso, no se requiere)

En la siguiente figura se muestra un esquema de la configuración que se debería tener para un buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de energía.

Figura 18. Esquema general de un sistema de abastecimiento de energía que se inyecta a la red.



Fuente: Global Electricity, Documento: Constitución de los sistemas eléctricos.

Los paneles fotovoltaicos, producen energía eléctrica de corriente DC, que generalmente es de 12 o 24 Voltios, por ello, como se ha dicho anteriormente, se debe usar un inversor para que este eleve su voltaje a 24 Voltios, transformando la corriente DC en corriente AC. Este proceso de convertir la corriente DC en corriente AC, ocupa un poco de energía, por lo tanto el inversor actúa al 100% de eficiencia, por lo que, en la mayoría de los casos eficiencia tiene un valor aproximado del 94%.

2.3.5 Potencial Energético Unitario De La Fuente De Energía

2.3.5.1 Energía solar fotovoltaica

La potencia nominal de los paneles fotovoltaicos, corresponde a la potencia entregada bajo las condiciones de radiación de 1000 W/m^2 a una temperatura de 25° C (Según, Estandar Test Conditions, STC.)

La eficiencia del panel solar, es el porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la luz solar total absorbida por el panel, cuando una célula solar está conectada a un circuito eléctrico.

Teniendo en cuenta lo anterior, los paneles seleccionados para el estudio, mono cristalinos tienen una eficiencia entre el 15% - 16% y los poli cristalinos de 14%, porcentajes obtenidos de las fichas técnicas de cada uno de los paneles cotizados mediante los proveedores, estos valores de eficiencia y potencia pueden variar, dependiendo de la especificación técnica de cada panel, en la siguiente tabla se puede apreciar la potencia nominal (W/m^2) que tiene un panel mono cristalino y poli cristalino según su eficiencia. Mediante esto, podemos determinar que los paneles tienen las siguientes potencias que se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla 4. Potencia Nominal Unitaria m2

TIPO DE PANEL	EFICIENCIA	POTENCIA NOMINAL (W/m2)
Monocristalino	15%-16%	150-160
Policristalino	15%	150

Fuente: Autor

2.3.6 Costos de producción eléctrica

2.3.6.1 Costos de adquisición de la infraestructura

El costo económico de la infraestructura es un determinante en el análisis financiero de la implementación, la adquisición de los equipos depende exclusivamente del propietario.

Para calcular los costos de la de la adquisición se realizó un sondeo de la oferta que existe y cantidad de proveedores de dispositivos electrónicos para sistemas de abastecimiento de energía solar, en el cual se incluían empresas que proporcionaban los equipos (paneles fotovoltaicos, reguladores de carga, inversores, baterías, entre otros) en Bucaramanga y Colombia, esto para conocer la oferta existente.

Este sondeo se realizó mediante una investigación en páginas web y en el directorio en las páginas amarillas, cabe resaltar que existen muchos otros proveedores, pero por cuestiones ajenas a los autores, no se recibieron la información necesaria de sus productos para generar un sondeo mayor.

Las empresas consideradas se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Oferta en el mercado

EMPRESA	PANELES	BATERIAS	REGULADORES	INVERSORES
ERGEA S.A.S	x		x	x
INGESOLAR	x	x		
ELECTRO SOLAR COL.	x			
AMBIENTE SOLUCIONES		x	x	
GREEN ENERGY LATIN AMERICA	x			
DURESPO	x			
I+D ELECTRONICA			x	
ACCOLOMBIA	x		x	
SOLAR PLUS			x	
HYBRYTEC				x
ZIGOR SUCURSAL COLOMBIA				x

Fuente: Autor

Se buscaron 10 referencias diferentes de cada dispositivo electrónico (Paneles, Inversores, Reguladores y Baterías) de los diferentes proveedores, para luego realizar una selección de los dispositivos más idóneos para el estudio.

El criterio utilizado en este proyecto fue un proceso estadístico el cual se basaba en generar los precios unitarios de los watts (paneles e inversores) y los amperios (reguladores y baterías) de los dispositivos electrónicos, según fuera su función. Luego de esto se halló una media aritmética de cada uno de los dispositivos, para posterior a esto, lograr hallar la distancia que existía entre la media aritmética y el precio unitario del watt o del amperio.

Las referencias seleccionadas según este criterio, fueron aquellas que se acercaron más a la media aritmética, dando así a conocer un mejor indicador para la oferta encontrada. Al final del proceso, se seleccionaron cinco referencias por cada uno de los dispositivos, con el fin de poder generar cinco escenarios con configuraciones diferentes para poder ser analizados.

Cabe resaltar, que este criterio de selección, puede cambiarse según la preferencia que se tenga.

2.3.6.1.1 Paneles Fotovoltaicos

Realizado el sondeo de los proveedores en Bucaramanga y Colombia, se presenta en la siguiente tabla, la oferta de paneles fotovoltaicos teniendo en cuenta ciertas características como lo son: el tipo de celda, la potencia, la eficiencia, el voltaje nominal, área del panel y el precio, resaltando que una de las mejores formas de comparar cada panel, es por medio la relación precio/watt que cada uno de estos genera.

Tabla 6. Oferta de Paneles Fotovoltaicos en Bucaramanga y Colombia

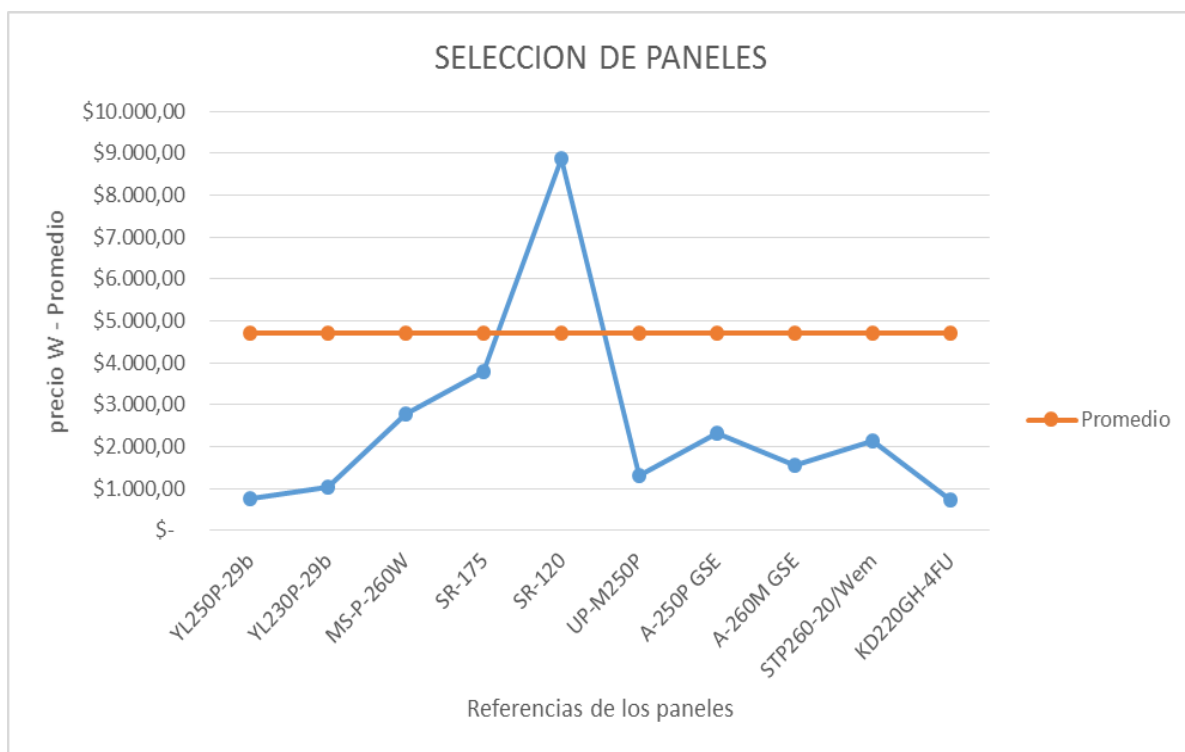
EMPRESA / PROVEEDOR	REFERENCIA DEL PANEL	TIPO DE CELDA	POTENCIA NOMINAL	VOLTAJE NOMINAL	EFICIENCIA	AREA	PRECIO	PRECIO/W	PRECIO/W - PROMEDIO	SELECCIONADOS
			Watts	Voltios	%	m2	\$	(\$/W)		
ERGEA S.A.S.	YL250P-29b	Policristalino	250	29,8	15,3	1,23	\$ 986.000,00	\$ 3.944,00	\$ 774,72	
	YL230P-29b	Policristalino	230	29,5	16,2	1,49	\$ 850.000,00	\$ 3.695,65	\$ 1.023,07	
INGESOLAR	MS-P-260W	Monocristalino	260	46,1	15	1,86	\$ 504.000,00	\$ 1.938,46	\$ 2.780,26	X
ELECTRO SOLAR COLOMBIA	SR-175	Monocristalino	175	36,2	13,7	1,26	\$ 1.490.000,00	\$ 8.514,29	\$ 3.795,56	X
	SR-120	Monocristalino	75	14,7	13,2	0,94	\$ 1.020.000,00	\$ 13.600,00	\$ 8.881,28	
GREEN ENERGY LATIN AMERICA	UP-M250P	Monocristalino	250	30,6	15,4	1,63	\$ 850.320,00	\$ 3.401,28	\$ 1.317,44	
DURESCO	A-250P GSE	Policristalino	250	30,58	15,3	1,62	\$ 597.503,00	\$ 2.390,01	\$ 2.328,71	X
	A-260M GSE	Monocristalino	260	31,8	15,95	1,62	\$ 820.820,00	\$ 3.157,00	\$ 1.561,72	X
KR SOLAR COLOMBIA	STP260-20/Wem	Monocristalino	260	30,9	16,3	1,54	\$ 667.510,00	\$ 2.567,35	\$ 2.151,38	X
	KD220GH-4FU	Policristalino	220	26,6	14,8	1,35	\$ 875.420,00	\$ 3.979,18	\$ 739,54	
								PROMEDIO	\$ 4.718,72	

Fuente: Autor

Se graficó la media aritmética del precio unitario del watt junto con las referencias de los paneles versus precio watt menos el promedio con el fin de encontrar la menor distancia que existía entre la media aritmética y la resta del precio watt con

el promedio, de esta manera se puede apreciar los paneles que tuvieron una menor distancia respecto a la media aritmética. Luego de esto fueron ordenados en la tabla 7.

Grafico 1. Selección de Paneles.



Fuente: Autor

Tabla 7. Selección Oferta de Paneles Fotovoltaicos

PANEL	TIPO DE CELDA	POTENCIA NOMINAL	VOLTAJE NOMINAL	EFICIENCIA	AREA	PRECIO	PRECIO/W
		Watts	Voltios	%	m2	\$	(\$/W)
SR-175	Monocristalino	175	36,2	13,7	1,26	\$ 1.490.000,00	\$ 8.514,29
MS-P-260W	Monocristalino	260	46,1	15	1,86	\$ 504.000,00	\$ 1.938,46
A-250P GSE	Policristalino	250	30,58	15,3	1,62	\$ 597.503,00	\$ 2.390,01
A-260M GSE	Monocristalino	260	31,8	15,95	1,62	\$ 820.820,00	\$ 3.157,00
STP260-20/Wem	Monocristalino	260	30,9	16,3	1,54	\$ 667.510,00	\$ 2.567,35

Fuente: Autor

2.3.6.1.2 Inversores

Como se ha visto este es el dispositivo esencial para la inyección de energía eléctrica al sistema, en la siguiente tabla se observa la oferta de los inversores.

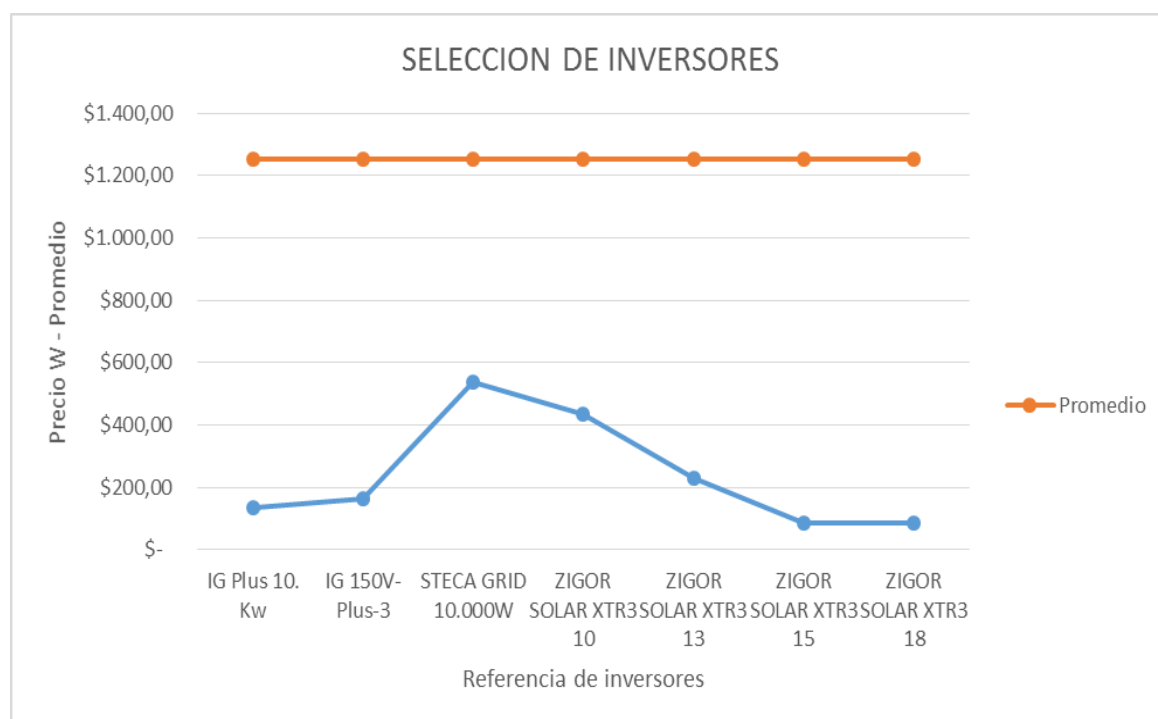
Tabla 8. Oferta de Inversores en Bucaramanga y Colombia

EMPRESA / PROVEEDOR	INVERSOR	POTENCIA DE SALIDA	VOLTAJE ENTRADA	PRECIO	PRECIO/W	PRECIO/W - PROMEDIO	SELECCIONADOS
		Watts	Voltios	\$	(\$/W)		
ERGEAS S.A.S	IG Plus 10. Kw	10000	600	\$ 11.177.500,00	\$ 1.117,75	\$ 269,89	X
HYBRYTEC	IG 150V-Plus-3	12000	230- 600	\$ 13.075.000,00	\$ 1.089,58	\$ 241,72	X
	STECA GRID 10.000W	10000	350 - 700	\$ 7.132.400,00	\$ 713,24	\$ 134,62	X
ZIGOR sucursal Col.	ZIGOR SOLAR XTR3 10	10000	400	\$ 16.868.500,00	\$ 1.686,85	\$ 838,99	X
	ZIGOR SOLAR XTR3 13	13000	400	\$ 19.278.300,00	\$ 1.482,95	\$ 635,09	X
	ZIGOR SOLAR XTR3 15	15000	400	\$ 20.081.550,00	\$ 1.338,77	\$ 490,91	
	ZIGOR SOLAR XTR3 18	18000	400	\$ 24.097.875,00	\$ 1.338,77	\$ 490,91	
PROMEDIO					\$ 847,86		

Fuente: Autor

Se graficó la media aritmética del precio unitario del watt junto con las referencias de los inversores versus precio watt menos el promedio con el fin de encontrar la menor distancia que existía entre la media aritmética y la resta del precio watt con el promedio, de esta manera se puede apreciar los inversores que tuvieron una menor distancia respecto a la media aritmética. Luego de esto fueron ordenados en la tabla 9.

Grafico 2. Selección de Inversores.



Fuente: Autor

Tabla 9. Selección Oferta de Inversores

INVERSOR	POTENCIA DE SALIDA	VOLTAJE ENTRADA	PRECIO	PRECIO/W
	Watts	Voltios	\$	(\$/W)
IG Plus 10. Kw	10000	600	\$ 11.177.500,00	\$ 1.117,75
IG 150V-Plus-3	12000	230-600	\$ 13.075.000,00	\$ 1.089,58
STECA GRID 10.000W	10000	350-700	\$ 7.132.400,00	\$ 713,24
ZIGOR SOLAR XTR3 10	10000	400	\$ 16.868.500,00	\$ 1.686,85
ZIGOR SOLAR XTR3 13	13000	400	\$ 19.278.300,00	\$ 1.482,95

Fuente: Autor

2.3.6.1.3 Reguladores

Este dispositivo, es el que cumple la función de proteger a la batería mediante sobrecargas y sobre descargas profundas, en la siguiente tabla se observa la oferta de reguladores de carga, este solo se usa para sistemas que son independientes a la red, se tomó en cuenta para los escenarios aleatorios.

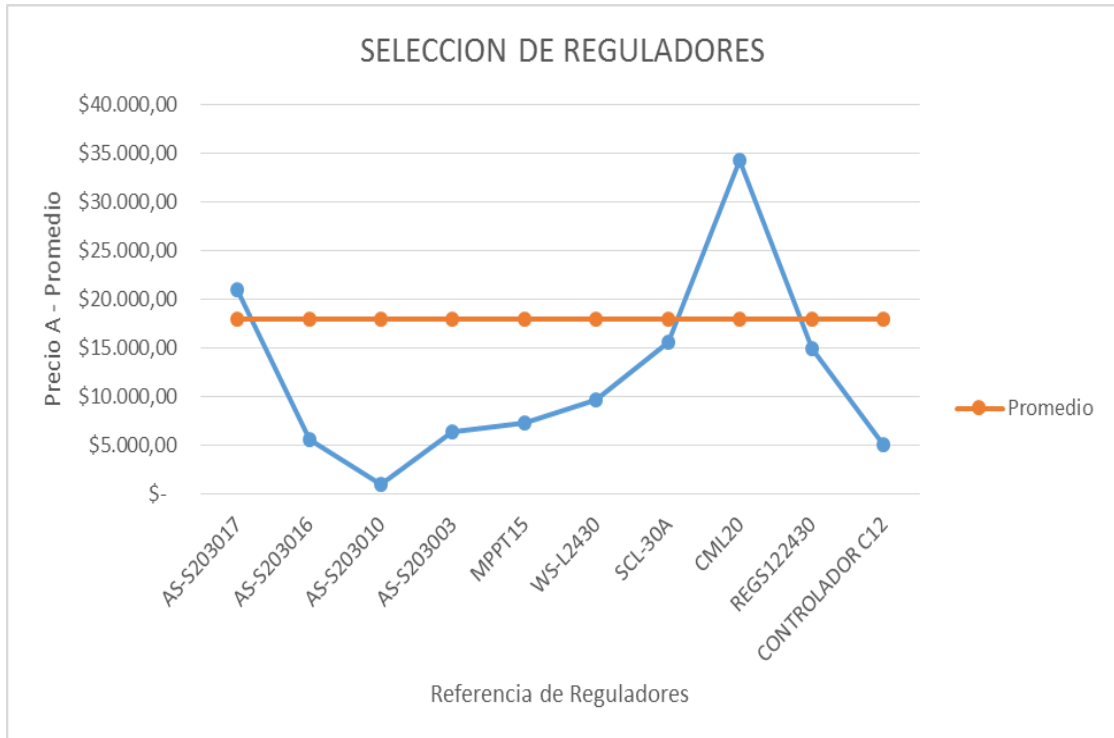
Tabla 10. Oferta de Reguladores de Carga en Bucaramanga y Colombia

EMPRESA / PROVEEDOR	REGULADOR	VOLTAJE NOMINAL	CORRIENTE	PRECIO	PRECIO/A	PRECIO/A - PROMEDIO	SELECCIONADOS
		Voltios	Amperios	\$	\$		
AMBIENTE SOLUCIONES	AS-S203017	12 a 24	20	\$ 780.000,00	\$ 39.000,00	\$ 39.000,00	X
	AS-S203016	12 a 24	20	\$ 249.000,00	\$ 12.450,00	\$ 12.450,00	
	AS-S203010	12 a 24	20	\$ 341.000,00	\$ 17.050,00	\$ 17.050,00	
	AS-S203003	12 a 24	14	\$ 162.000,00	\$ 11.571,43	\$ 11.571,43	
INGESOLAR	MPPT15	12 a 24	14	\$ 150.000,00	\$ 10.714,29	\$ 10.714,29	X
	WS-L2430	12 a 24	30	\$ 250.000,00	\$ 8.333,33	\$ 8.333,33	X
ACCOLOMBIA	SCL-30A	12 a 24	30	\$ 70.000,00	\$ 2.333,33	\$ 2.333,33	X
ERGEA S.A.S.	CML20	12 a 24	20	\$1.044.000,00	\$ 52.200,00	\$ 52.200,00	
I+D ELECTRONICA	REGS122430	12 a 24	30	\$ 90.000,00	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00	X
SOLAR PLUS ENERGY	CONTROLADOR C12	12 a 24	12	\$ 276.772,00	\$ 23.064,33	\$ 23.064,33	
PROMEDIO					\$ 17.971,67		

Fuente: Autor

Se graficó la media aritmética del precio unitario del amperio junto con las referencias de los reguladores versus precio amperio menos el promedio con el fin de encontrar la menor distancia que existía entre la media aritmética y la resta del precio amperio con el promedio, de esta manera se puede apreciar los reguladores que tuvieron una menor distancia respecto a la media aritmética. Luego de esto fueron ordenados en la tabla 11.

Grafico 3. Selección de Reguladores.



Fuente: Autor

Tabla 11. Selección Oferta de Reguladores de Carga.

REGULADOR	VOLTAJE NOMINAL	CORRIENTE	PRECIO	PRECIO/A
	Voltios	Amperios	\$	\$
AS-S203017	12 a 24	20	\$ 780.000,00	\$ 39.000,00
WS-L2430	12 a 24	30	\$ 250.000,00	\$ 8.333,33
SCL-30A	12 a 24	30	\$ 70.000,00	\$ 2.333,33
MPPT15	12 a 24	14	\$ 150.000,00	\$ 10.714,29
REGS122430	12 a 24	30	\$ 90.000,00	\$ 3.000,00

Fuente: Autor

2.3.6.1.4 Baterías

Las baterías cumplen la función de almacenar la carga, para cuando esta se deba utilizar, generalmente se usan para sistemas independientes a la red de distribución eléctrica y a su vez, estos sistemas son implementados cuando no se tiene una red de distribución cercana al sitio geográfico donde se quiere implementar el sistema. En la siguiente tabla se observa la oferta de baterías.

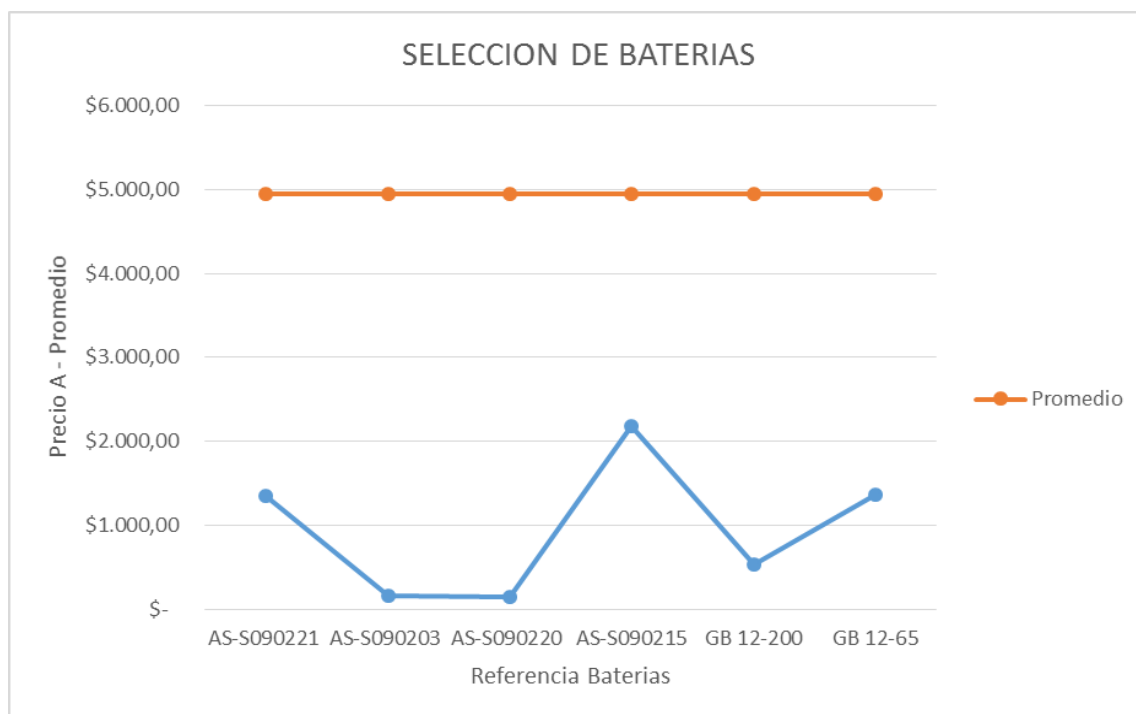
Tabla 12. Oferta de Baterías en Bucaramanga y Colombia

EMPRESA / PROVEEDOR	BATERIA	AMPERAJE	VOLTAJE NOMINAL	PRECIO	PRECIO/A	PRECIO/A - PROMEDIO	SELECCIONADOS
		Amperios	Voltios	\$	\$		
AMBIENTE SOLUCIONES	AS-S090221	35	12	\$ 220.000,00	\$ 6.285,71	\$ 6.285,71	X
	AS-S090203	255	12	\$ 1.300.000,00	\$ 5.098,04	\$ 5.098,04	X
	AS-S090220	100	12	\$ 478.000,00	\$ 4.780,00	\$ 4.780,00	
	AS-S090215	225	6	\$ 620.000,00	\$ 2.755,56	\$ 2.755,56	X
INGESOLAR	GB 12-200	200	12	\$ 880.000,00	\$ 4.400,00	\$ 4.400,00	X
	GB 12-65	65	12	\$ 410.000,00	\$ 6.307,69	\$ 6.307,69	X
				PROMEDIO	\$ 4.937,83		

Fuente: Autor

Se graficó la media aritmética del precio unitario del amperio junto con las referencias de los baterías versus precio amperio menos el promedio con el fin de encontrar la menor distancia que existía entre la media aritmética y la resta del precio amperio con el promedio, de esta manera se puede apreciar los Baterías que tuvieron una menor distancia respecto a la media aritmética. Luego de esto fueron ordenados en la tabla 13.

Grafico 4. Selección de Baterías.



Fuente: Autor

Tabla 13. Selección Oferta de Baterías

BATERIA	AMPERAJE	VOLTAJE NOMINAL	PRECIO	PRECIO/A
	Amperios	Voltios	\$	\$
AS-S090221	35	12	\$ 220.000,00	\$ 6.285,71
AS-S090203	255	12	\$ 1.300.000,00	\$ 5.098,04
AS-S090215	225	6	\$ 620.000,00	\$ 2.755,56
GB 12-200	200	12	\$ 880.000,00	\$ 4.400,00
GB 12-65	65	12	\$ 410.000,00	\$ 6.307,69

Fuente: Autor

2.3.7 Mantenimiento

Una de las ventajas de este sistema es el mínimo mantenimiento que se requiere, en caso que no se tenga una red de distribución eléctrica disponible, el uso de las baterías, sería el único insumo que debería tener mantenimiento constante, pero para la investigación que se realizó, se utilizó un sistema inyectado a la red eléctrica de distribución.

Sin embargo, se requiere de ciertos cuidados mínimos para que los demás dispositivos puedan alcanzar su óptimo funcionamiento, y se detallara en la siguiente sección.

El mantenimiento va por cuenta del dueño del sistema, en este caso, la Universidad Pontificia Bolivariana, la Universidad al ya estar tener contemplado en su presupuesto el aseo general de los bienes e infraestructura que hacen parte de ella, se decidió no re pagar este servicio en los costos de operación del sistema, ya que se estaría pagando dos veces por el mismo servicio. Por lo tanto, en dado caso que la Universidad Pontificia Bolivariana desista de los servicios dados por el personal de servicios generales, se debe contemplar el costo de operación, en los términos de, tener personal para la limpieza de los paneles, de lo contrario, como lo dicho anteriormente, en el trabajo no se contemplaría este valor, para no pagar doble por el mismo servicio ya prestado.

A su vez, si el usuario es diferente a una institución y se quiere implantar un sistema de este tipo, se debe tener en cuenta el costo de mantenimiento o aseo general asociado a la persona encargada de la limpieza del sistema. Legalmente el costo que involucraría el mantenimiento del sistema, sería un salario mínimo legal vigente (SMLV), y la función del operario sería exclusivamente la limpieza de los paneles.

2.3.7.1 Paneles Fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos requieren un mantenimiento mínimo²⁴ y por tanto este no tiene ningún impacto económico para el propietario, ya que el mantenimiento de este corresponde esencialmente a mantenerlo libre de polvo, esto lleva, a que solo se deba en ciertos periodos de tiempo lavarlo y secarlo con un paño seco.

Adicionalmente a esto, la vida útil de un panel fotovoltaico, es alrededor de 25 a 30 años, lo que produce que los fabricantes ofrezcan garantías superiores a los 20 años.

2.3.7.2 Inversores

El mantenimiento de los inversores consiste principalmente en la protección frente a los factores ambientales, este se debe mantener en un lugar limpio, libre de agua y con una buena ventilación, para que no le lleguen los rayos del sol directamente, esto se dice, ya que el inversor no trabaja a su óptimo rendimiento frente a las altas temperaturas.

2.3.8 Aplicación en cubiertas para parqueaderos destapados ubicados en el edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga

Las zonas de estudio corresponden a áreas de parqueo descubiertas del edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, el estudio se hizo para lograr inyectar la energía eléctrica producida por el sistema a la red de distribución conectada al campus Universitario, con el fin de tener unos ahorros económicos en el pago del consumo de este.

En la tabla 14, se aprecia según la zona de parqueo, el área efectiva que tiene por cada cubierta y en la tabla 15, se puede observar el área total por las dos zonas de parqueo, el cual será el área efectiva para la implementación de los paneles fotovoltaicos.

Tabla 14. Nomenclatura zonas de parqueo.

ZONAS DE PARQUEO	LOCALIZACION	SUPERFICIE (m2)
Zona 1	Edificio K	120,42
Zona 2	Edificio K	133,73

Fuente: Autor

²⁴ MANUAL DE MANTENIMIENTO, Autor: Manuel Campos Fernández, PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 500 Kw SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE SEVILLA [en línea]. <<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5074/fichero/Volumen+5%252F9.+Manual+de+Manteminiento.pdf>>

Tabla 15. Área Total para la Disposición de los Paneles

ZONAS	NUMERO DE CUBIERTAS	AREA TOTAL POR ZONA (m2)	AREA TOTAL (m2)
Zona 1	2	240,84	508,3
Zona 2	2	267,46	

Fuente: Autor

Las características arquitectónicas se apreciarán en las siguientes figuras. Se observa el plano de planta del edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana, haciendo un énfasis en las zonas de parqueo descubiertas, las cuales tienen medidas y sus ubicaciones espaciales. El plano es carente de muchas medidas importantes para el estudio, por lo cual se debió realizar una medición más exhaustiva en campo.

Figura 19. Localización de las Zonas de Parqueo



Fuente: Servicio Generales, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga

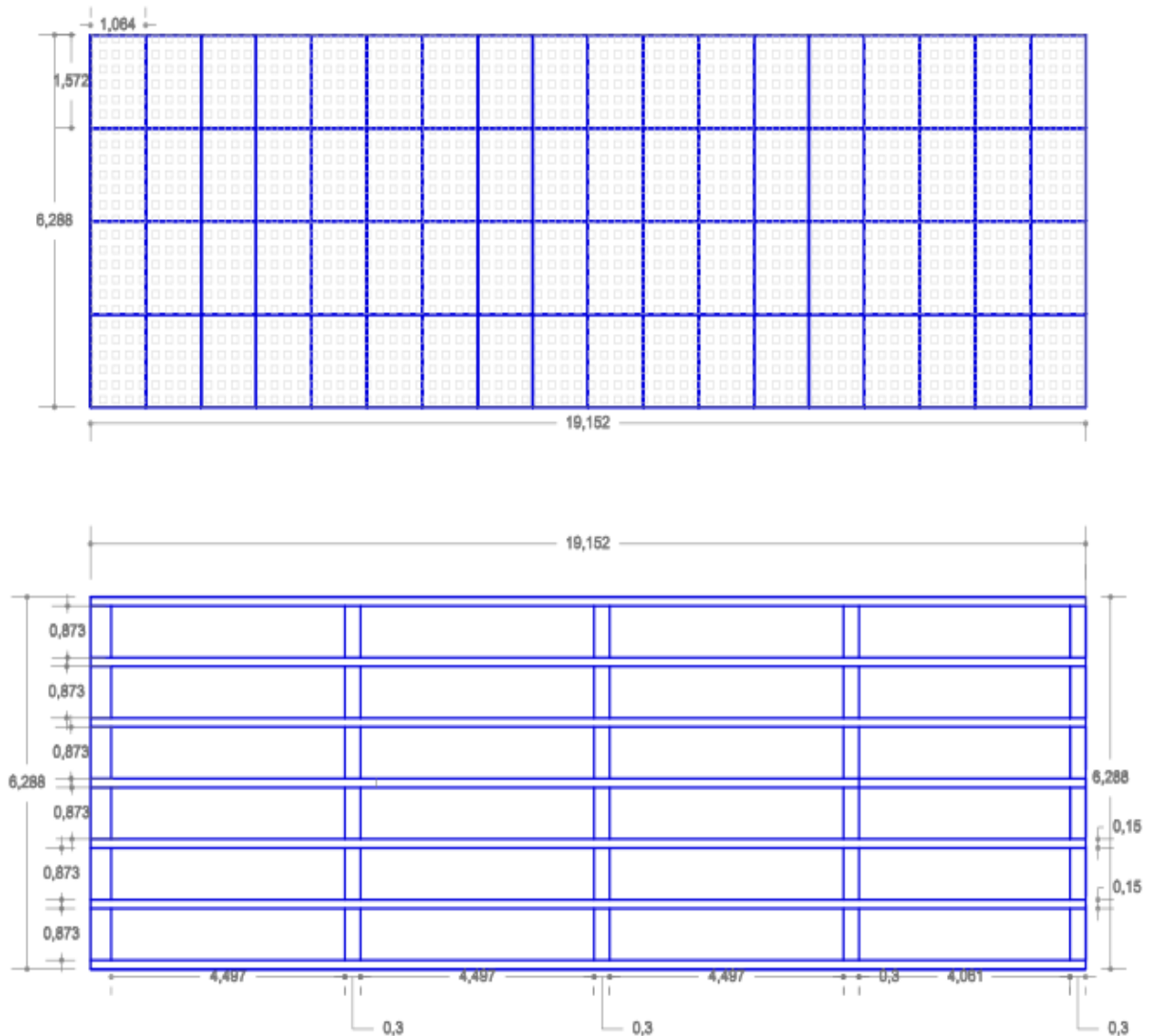
En las figuras 20 y 22, se observa al detalle, el dimensionamiento que tiene cada una de las cubiertas según su zona y la cantidad de paneles fotovoltaicos posibles

para poder cubrir dicha cubierta, a su vez, también se observa el área total efectiva de cada cubierta, con el fin de determinar el área total para la ubicación de los paneles.

En cuanto a las figuras 21 y 23, se observa el diseño arquitectónico del perfil que tienen las cubiertas, con la finalidad de tener una idea dimensional del espacio requerido dentro de las zonas de parqueo para su construcción.

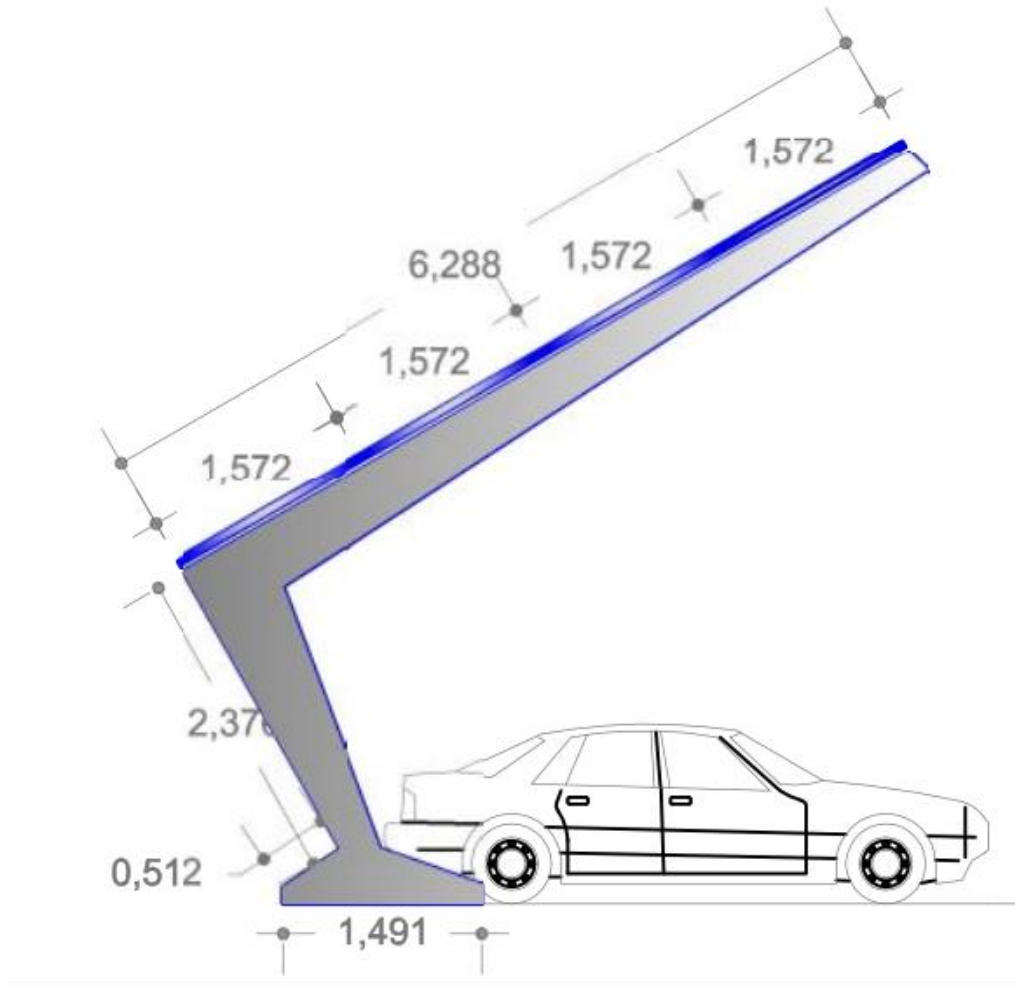
Figura 20. Zona de Parqueo 1, Área de Cubiertas

AREA TOTAL: 120.42 M2
PANELES POR
SECCION: 72



Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

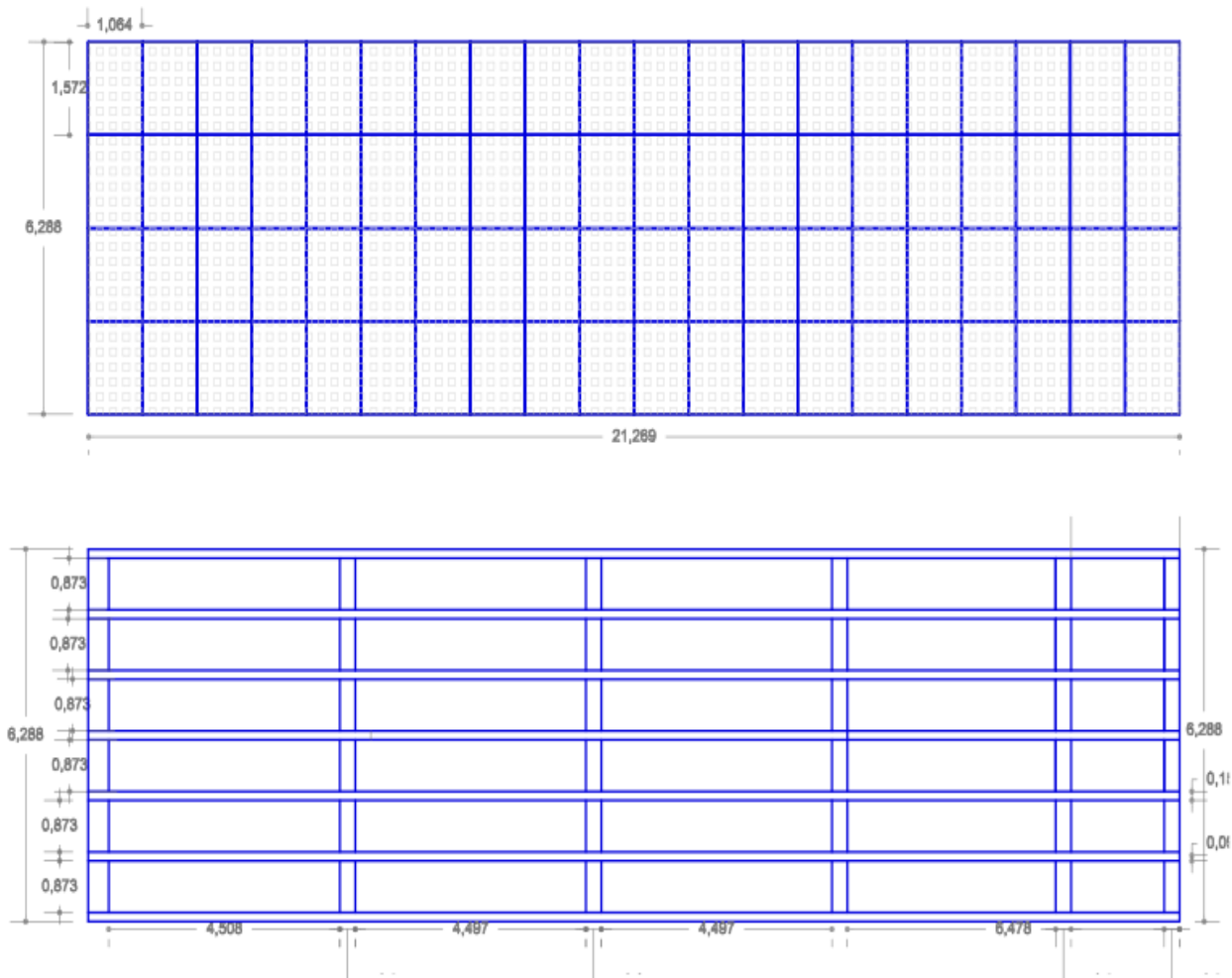
Figura 21. Dimensiones de la cubierta, zona 1



Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

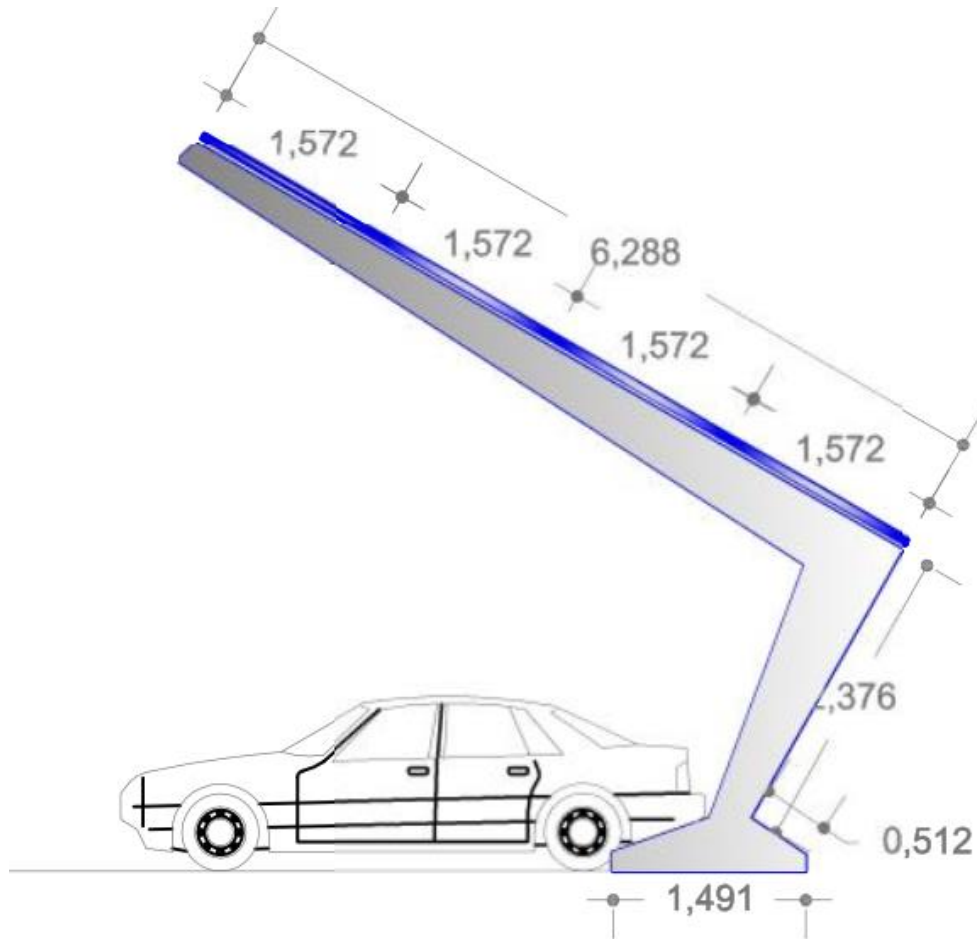
Figura 22. Zona de Parqueo 2, Área de Cubiertas

AREA TOTAL: 133.73 M2
PANELES POR
SECCION: 80



Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

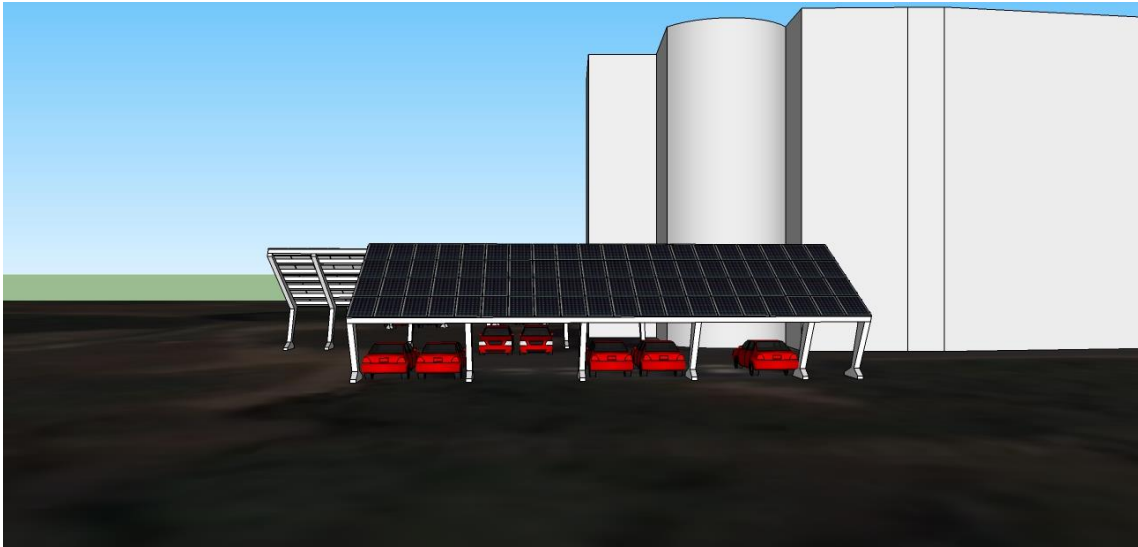
Figura 23. Dimensiones de la cubierta, zona 2



Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

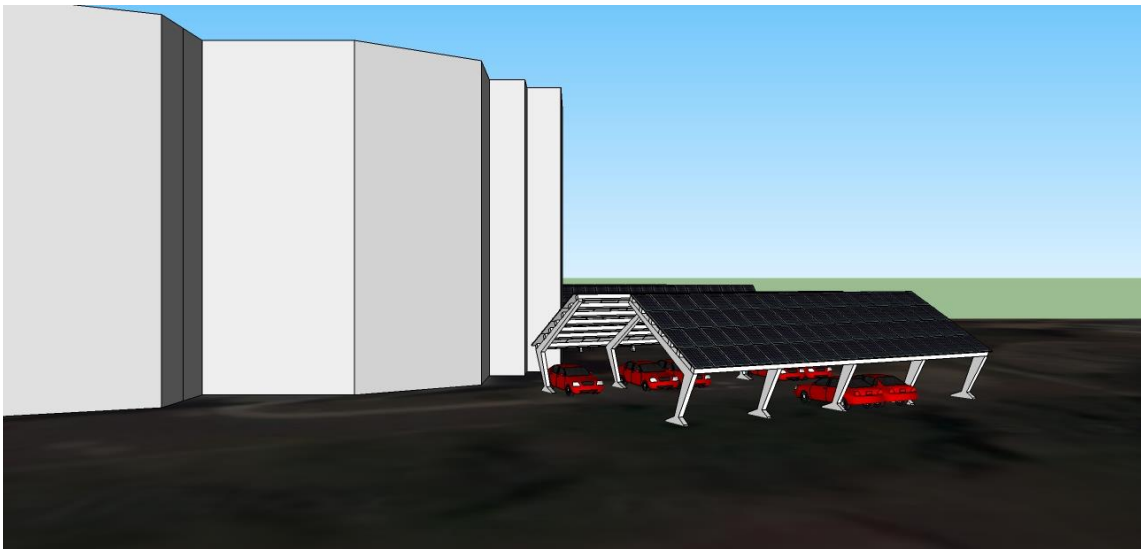
La arquitecta realizó una modelación mediante el software sketchup 2015, de esta manera se puede apreciar en las figuras una idea real de como llegarían a quedar las cubiertas en las zonas de parqueo 1 y 2, además de esto, también estas modelaciones tienen la finalidad de poder geo posicionar las cubiertas en el espacio disponible de las zonas de parqueo descubiertas del Edificio K. Estas modelaciones se pueden observar en las figuras: 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32.

Figura 24. Modelación de cubiertas en zona 1, parte posterior.



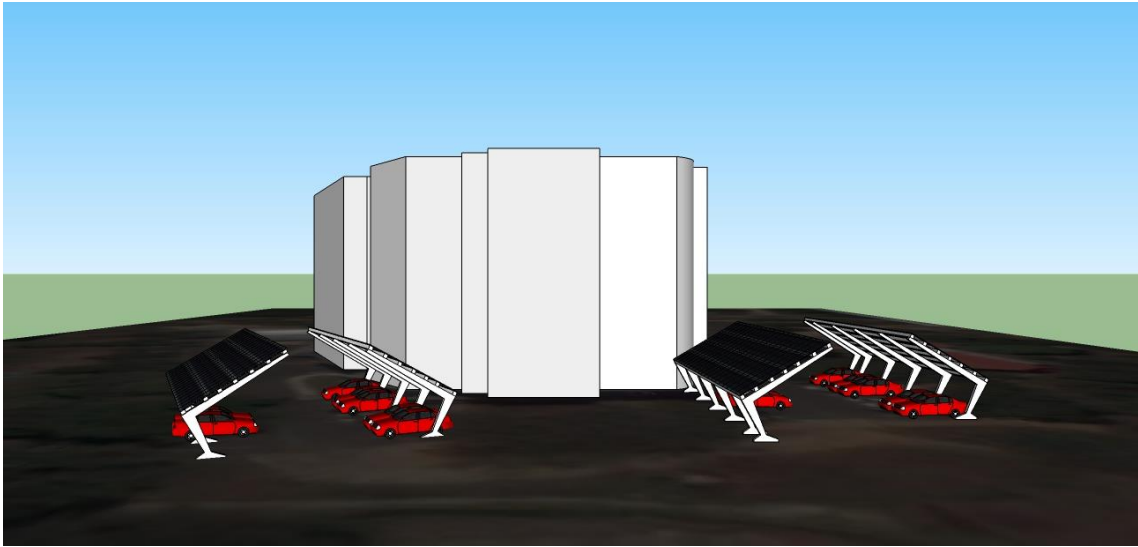
Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

Figura 25. Modelación de cubiertas zona 2, parte posterior.



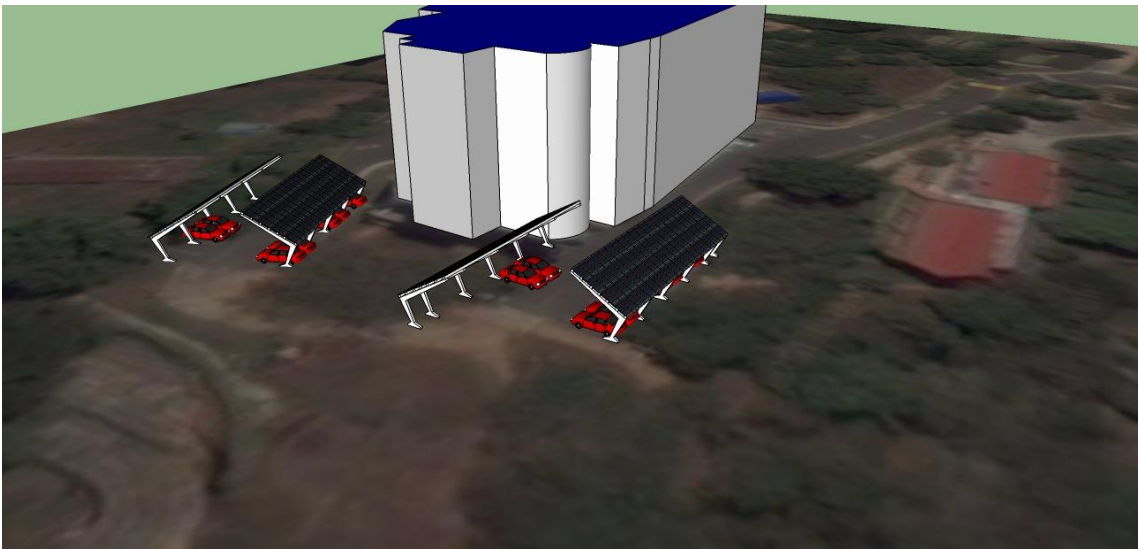
Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

Figura 26. Modelación general zona 1 y 2 de parqueo, vista de perfil.



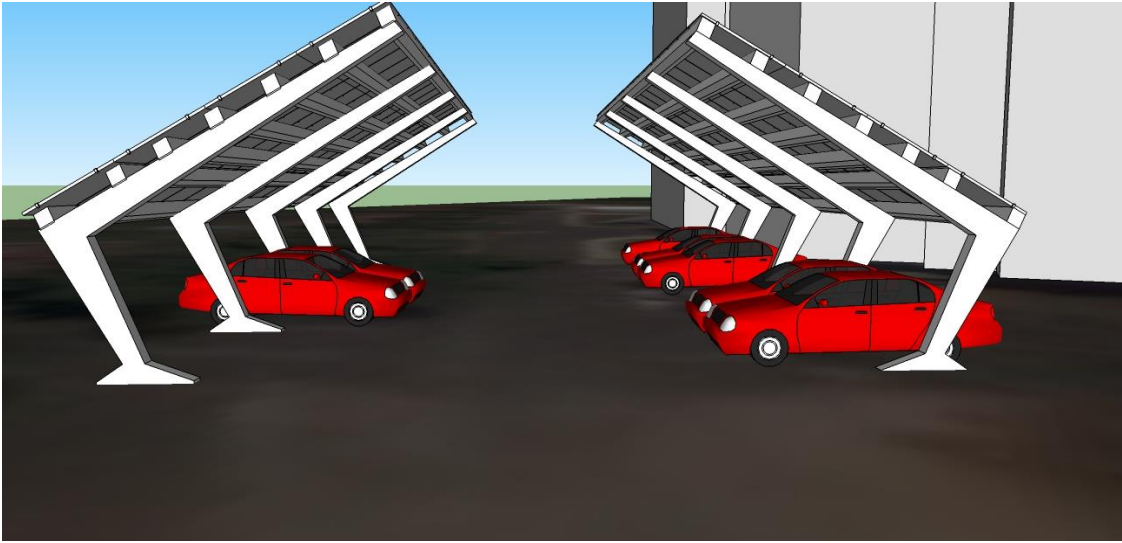
Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

Figura 27. Modelación general zona 1 y 2 de parqueo, vista aérea.



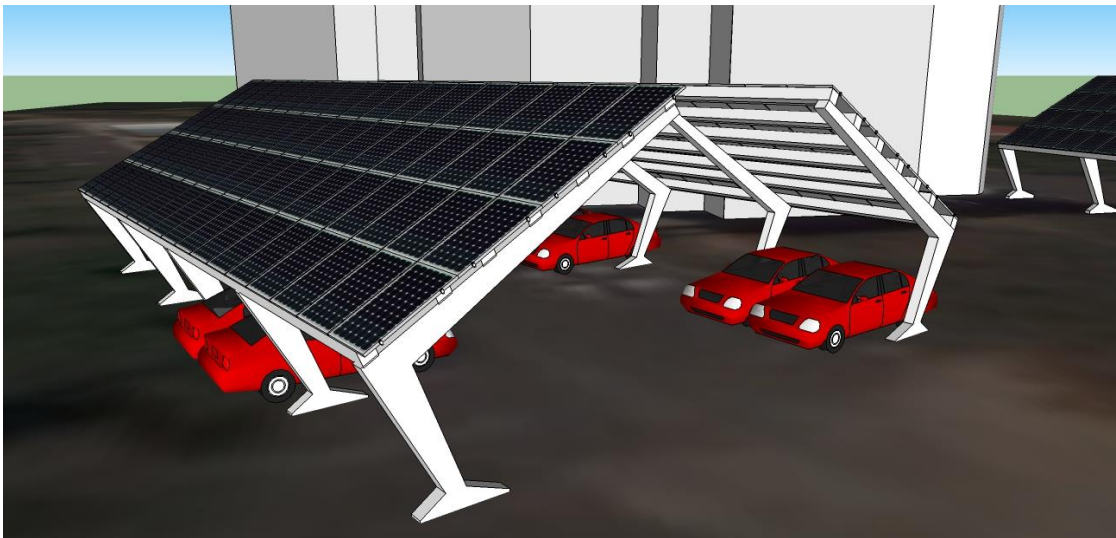
Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

Figura 28. Modelación zona 2 de parqueo, vista en perfil.



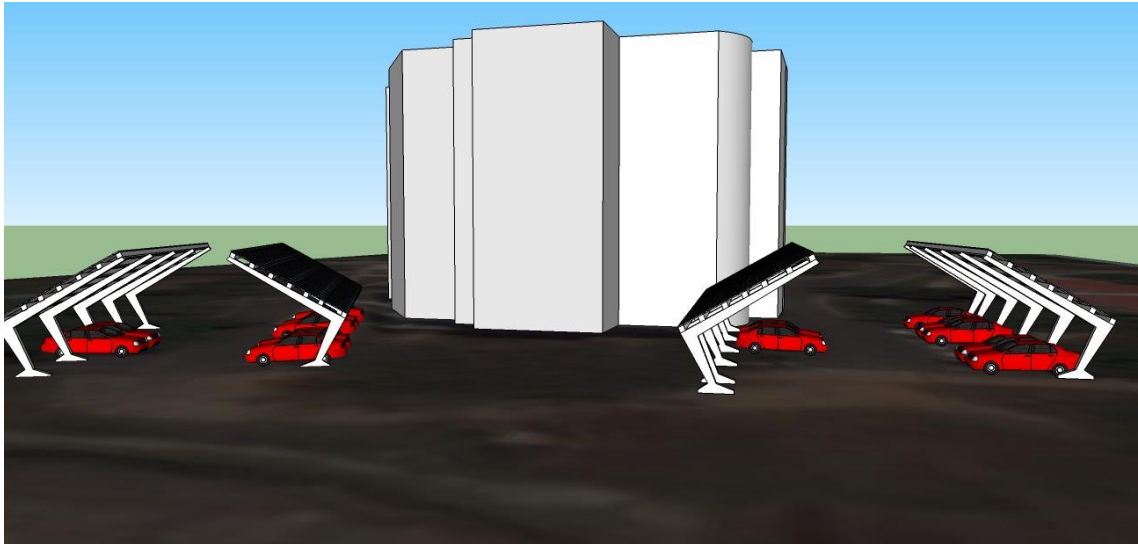
Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

Figura 29. Modelación zona 2 de parqueo, vista en perfil.



Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

Figura 30. Modelación zona 1 y 2 de parqueo, vista en perfil.



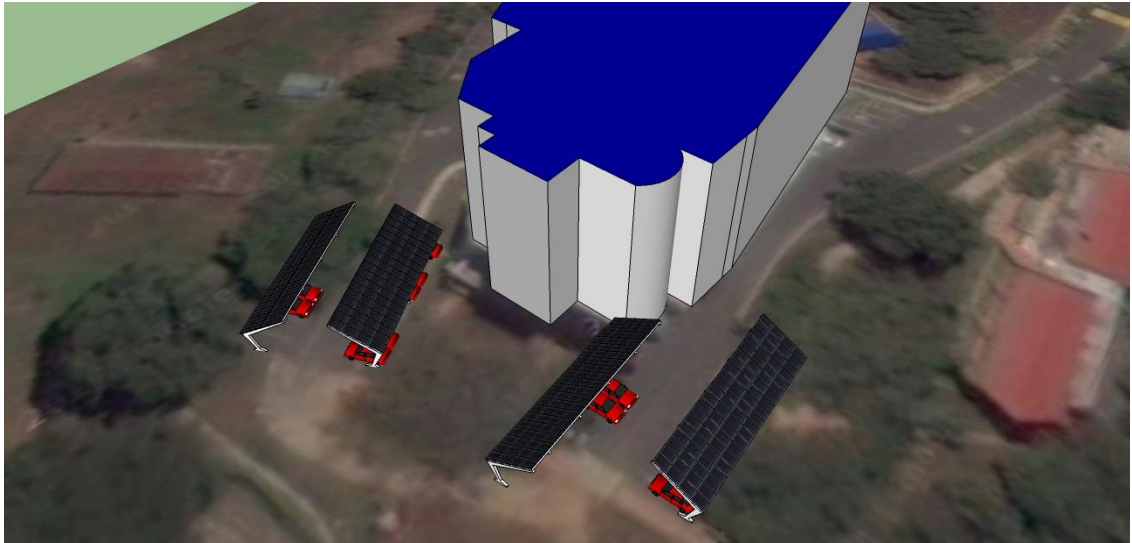
Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

Figura 31. Modelación vista aérea del Edificio K y sus zonas de parqueo.



Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

Figura 32. Modelación vista aérea del Edificio k, zona de parqueo 1 y 2.



Fuente: Arquitecta Erika Pirajon González

2.3.9 Consumo eléctrico mensual

El consumo mensual, corresponde a la suma de toda la energía eléctrica utilizada durante un mes y esto se debe al uso de dispositivos eléctricos. La factura de la energía, especifica los costos asociados, para por medio de una sumatoria de estos, lograr obtener el precio total por kW/h.

Estos costos asociados son:

- Generación: Corresponde al costo por la generación de la energía eléctrica.
- Transmisión: Corresponde al costo por la transmisión de la energía eléctrica.
- Distribución: Corresponde al costo por la distribución de la energía eléctrica.
- Comercialización: Corresponde al costo por la comercialización de la energía eléctrica.
- Pérdidas: Corresponde al costo por las pérdidas de la energía eléctrica.
- Restricciones: Corresponde al costo por las restricciones de la energía eléctrica.
- Cuv (\$/kWh): Corresponde al costo final del kWh, valor por el cual se multiplicara por la cantidad de kWh consumidos y tendremos el costo final de la factura mensual.

Lo anteriormente dicho, se apreciara en la tabla 16.

Tabla 16. Costos Asociados a la Factura para Enero de 2015

Formula Tarifaria (Enero 2015)	
Generacion (G)	151,17
Trasmision (T)	22,51
Distribucion (D)	109,25
Comercializacion (Cv)	39,14
Perdidas (PR)	28,88
Restricciones (R)	3,44
Cuv(\$/kWh)	354,41

Cuv	354,39
------------	---------------

Fuente: ESSA

En la tabla 17 se puede apreciar el consumo que tuvo toda la Universidad Pontificia Bolivariana en un periodo de tiempo comprendido entre: 01 Enero de 2014 y 30 Noviembre 2014, datos que fueron facilitados por Servicios Generales de la Universidad Pontificia Bolivariana.

En la información solicitada, solo fue posible obtener los consumos en Kwh/mes, mediante información obtenida en la ESSA, se logró obtener el valor del Kwh/mes, para obtener el costo mensual que la Universidad estaba teniendo referente a la energía eléctrica. Estos datos dados por la ESSA, se encuentran mediante archivos de este tipo, figura 32:

Figura 33. Tarifas de la ESSA, para Enero de 2015

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. ESP.										
INFORMA A SUS USUARIOS DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA DE DEPARTAMENTO DE SANTANDER Y SUR DEL CESAR										
De acuerdo con las resoluciones 119/07, 097/08, 121/09 y 172/09 expedidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, que permiten establecer los costos de la prestación del servicio a usuarios regulados, las tarifas para el mes de Febrero 2015										
TARIFAS RESIDENCIALES										
ESTRATO		1		2		3		4		
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	
ESSA	I	-56.33%	175.4733	-45.41%	219.3416	-15.00%	341.5342	401.8049	401.8049	
CLIENTE	I	-56.36%	158.5526	-45.44%	198.1907	-15.00%	308.7925	363.2853	363.2853	
Nota: El subsidio es aplicado hasta el consumo de subsistencia.										
TARIFAS RESIDENCIALES				TARIFAS NO RESIDENCIALES						
ESTRATO		5 y 6		COMERCIAL / INDUSTRIAL		ACUEDUCTOS. ESP		OFICIAL		
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% CONTRIB.	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 20%	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 10%	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	
ESSA	I	20.00%	482.1659	80.3610	482.1659	40.1805	441.9854	401.8049	401.8049	
CLIENTE	I	20.00%	435.9423	72.6571	435.9423	36.3285	399.6138	363.2853	363.2853	
	II			65.4452	392.6714	32.7226	359.9488	327.2262	327.2262	
	III			54.0326	324.1955	27.0163	297.1792	270.1629	270.1629	
	IV			47.4675	284.8050	23.7337	261.0712	237.3375	237.3375	
COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO VARIABLE Y FIJO DE PRESTACION DEL SERVICIO (CU) según Res. CREG 119/2007										
NIVEL MEDIDA	G	T	D	Cv	PR	R	CUv Calculado	CUv Aplicado	CUf Aplicado	
	Compra Energía	Costo STN	Costo Distribución	Costo de Comercialización	Costo de Compra, transporte y reducción de pérdidas	Costo de Restricciones	Costo Unitario Variable de Prestación del Servicio	Resolución 168 de 2006 y 097 de 2014 Opción tarifaria	Costo Unitario Fijo de Prestación del Servicio	
	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	
I ESSA	154.3010	22.1903	157.5770	38.9159	28.6219	0.1988	401.8049	401.8049	0.0000	
I CLIENTE	154.3010	22.1903	119.0573	38.9159	28.6219	0.1988	363.2853	363.2853	0.0000	
II	154.3010	22.1903	98.7349	38.9159	12.8852	0.1988	327.2262	327.2262	0.0000	
III	154.3010	22.1903	44.2770	38.9159	10.2799	0.1988	270.1629	270.1629	0.0000	
IV	154.3010	22.1903	17.9200	38.9159	3.8114	0.1988	237.3375	237.3375	0.0000	
I 90% ESSA (Pilas)	154.3010	22.1903	138.3171	38.9159	28.6219	0.1988	382.5451	382.5451	0.0000	
INDICADORES DE CALIDAD (metas DES FES). Primer trimestre 2015										
GRUPOS							VALORES MAXIMOS			
							DES	FES		
1	Cabecera Municipal, población >= 100.000 Habitantes						2	5		
2	Cabecera Municipal, población <100.000>=50.000 Habitantes						6	14		
3	Cabecera Municipal, población < 50.000 Habitantes						8	12		
4	Areas rurales						10	17		
DES: Tiempo de interrupción de un circuito durante el último trimestre										
FES: Numero de interrupciones de un circuito durante el último trimestre										
Según lo establecido en la Ley 820 de 2003 y su decreto reglamentario 3130 de 2003, ESSA comunica los valores correspondientes a las garantías exigidas para la denuncia del contrato de arrendamiento.							CONSUMO DE SUBSISTENCIA		Alturas inferior a 1000 Mts	Alturas superior o = a 1000 Mts
							Resolución UPME 0355 de 8 de Julio de 2004.		173 kWh	130 kWh
COSTO DE GARANTIAS PARA EL MES										
SECTOR		Valor Garantia (\$)								
ESTRATO 1		128,720								
ESTRATO 2		141,786								
ESTRATO 3		213,343								
ESTRATO 4		293,946								
ESTRATO 5		406,391								
ESTRATO 6		468,208								



Fuente: ESSA

Tabla 17. Consumo y Costo mensual de Energía Eléctrica de la Universidad.

MES/AÑO 2014	CONSUMO	VALOR kWh	TOTAL
	Kwh/mes	\$	\$
01-31 Enero	105888	\$ 336,49	\$ 35.630.253,12
01-28 Febrero	146996	\$ 335,97	\$ 49.385.805,13
01-31 Marzo	178752	\$ 347,90	\$ 62.187.105,79
01-30 Abril	164517	\$ 340,66	\$ 56.044.361,22
01-31 Mayo	172899	\$ 347,48	\$ 60.078.425,82
01-30 Junio	141854	\$ 354,43	\$ 50.277.029,51
01-31 Julio	159966	\$ 361,52	\$ 57.830.268,46
01-31 Agosto	169990	\$ 368,75	\$ 62.683.132,54
01-31 Septiembre	178066	\$ 377,12	\$ 67.152.427,99
01-31 Octubre	186621	\$ 383,65	\$ 71.597.706,51
01-30 Noviembre	157232	\$ 391,32	\$ 61.527.397,31
GASTO TOTAL ANUAL			\$ 634.393.913,41

Fuente: Servicios Generales de UPB Bucaramanga

2.3.10 Proyección del precio de la electricidad

Para realizar el análisis financiero, primero se debe estimar el precio que tendrá la electricidad para los clientes en un futuro, en el siguiente gráfico, se puede ver como es el comportamiento del precio de la electricidad en los últimos dos años y dos meses.

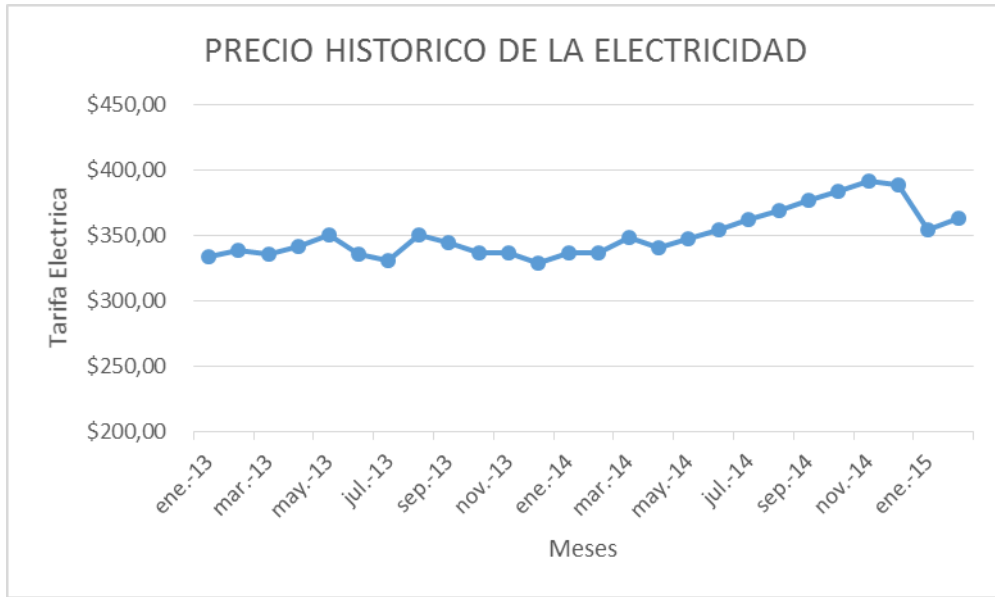
Los datos históricos aunque son pocos, fueron los únicos hallados luego de realizar una consulta en páginas web y realizar una visita a la ESSA, pidiendo formalmente valores históricos de años anteriores al 2013, con el fin que la muestra y la proyección tuviera menos incertidumbre, sin mucho éxito.

Dicho lo anteriormente, se pudo realizar la proyección de la tarifa eléctrica con el registro histórico que estuvo al alcance.

Igualmente, también se realizó una comparación de los datos históricos con el Índice de Precios al Consumidor (IPC), para lograr analizar si existía alguna relación entre el aumento de la tarifa eléctrica y el indicador anteriormente nombrado.

Ver anexo para observar las tarifas históricas de la electricidad, divididas en parámetros como lo son: tipo de cliente, uso de la infraestructura (comercial, industrial, acueductos, oficial), nivel de medida y propiedad de activos.

Grafico 5. Comportamiento Histórico de Electricidad durante Enero 2013 y Febrero 2015



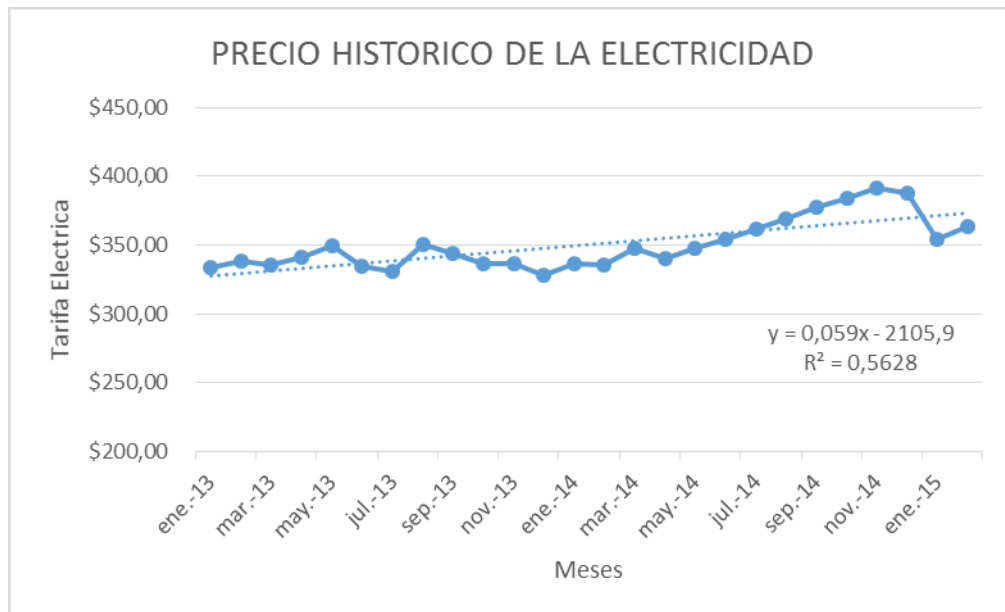
Fuente: Autor

Se puede observar que el precio de la electricidad ha sido irregular, por esto, se establecieron una línea de tendencia, para de esta manera lograr proyectar los valores al futuro.

De acuerdo con lo anterior, las tarifas futuras para los próximos 25 años, están dadas en la siguiente tabla, estas se proyectarán mensualmente y luego para realizar el análisis financiero se hará un promedio anual para establecer una tarifa anual de la electricidad en el periodo de tiempo proyectado.

Se hizo un análisis con diferentes líneas de tendencia, pero al final se hizo una selección por la línea de tendencia lineal, la cual fue la que arrojó menor error, en este gráfico podemos observar la línea de tendencia lineal aplicada a la gráfica de los precios históricos de la electricidad, los valores contemplados para realizar la línea de tendencia lineal, fueron aquellos valores buscados en la ESSA, durante el periodo de Enero de 2013 y Febrero de 2015, solo se realizó con esos valores, ya que no se encontraban más datos históricos de la tarifa eléctrica. Ver anexo para ver el valor mensual proyectado de la electricidad durante 25 años.

Grafico 6. Aplicación de Línea de Tendencia lineal



Fuente: Autor

Luego se hizo una comparación entre la tarifa proyectada mediante los datos históricos con los valores de Índice del Precio al Consumidor (IPC), vistos en la tabla 18, con el fin de poder analizar si existía una relación entre estos los dos proyecciones. Para ello se buscó el IPC para cada uno de los momentos en el tiempo donde se tenían datos históricos. Seguido a esto se generó una tabla en la cual se encuentra la proyección de la tarifa eléctrica con el IPC y la proyección mediante la tendencia lineal, con ello se calculó un delta entre la tarifa histórica y la tarifa con el IPC, con el fin de poder generar relación entre estos dos valores, los resultados se encuentran en la siguiente tabla 19.

Tabla 18. Tarifa Proyectada a 25 años del kW/h

FECHA	IPC
ene-13	0,30
feb-13	0,44
mar-13	0,21
abr-13	0,25
may-13	0,28
jun-13	0,23
jul-13	0,04
ago-13	0,08
sep-13	0,29
oct-13	-0,26
nov-13	-0,22
dic-13	0,26
ene-14	0,49
feb-14	0,63
mar-14	0,39
abr-14	0,46
may-14	0,48
jun-14	0,09
jul-14	0,15
ago-14	0,20
sep-14	0,14
oct-14	0,16
nov-14	0,13
dic-14	0,27
ene-15	0,64
feb-15	1,15
mar-15	0,59

Fuente: DANE

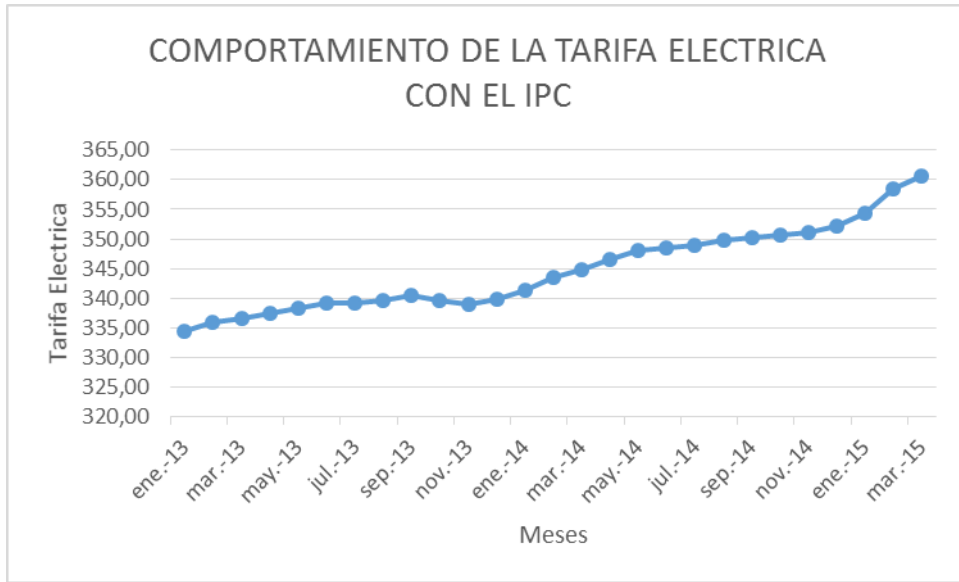
Tabla 19. Tarifa Proyectada a 25 años del kW/h

PROYECCION IPC	VALORES HISTORICOS	IPC- HISTORICO
333,38	333,38	0,00
334,38	338,42	4,04
335,85	335,20	-0,65
336,55	340,96	4,41
337,40	349,92	12,53
338,34	335,07	-3,27
339,12	330,54	-8,58
339,25	350,66	11,41
339,52	343,89	4,37
340,51	336,43	-4,08
339,62	336,80	-2,82
338,88	328,33	-10,55
339,76	336,49	-3,27
341,42	335,97	-5,46
343,57	347,90	4,32
344,91	340,66	-4,25
346,50	347,48	0,98
348,16	354,43	6,26
348,48	361,52	13,04
349,00	368,75	19,75
349,70	377,12	27,42
350,19	383,65	33,47
350,75	391,32	40,57
351,20	387,99	36,79
352,15	354,41	2,26
354,41	363,29	8,88
358,48	374,64	16,16
360,60	376,44	15,84

Fuente: Autor

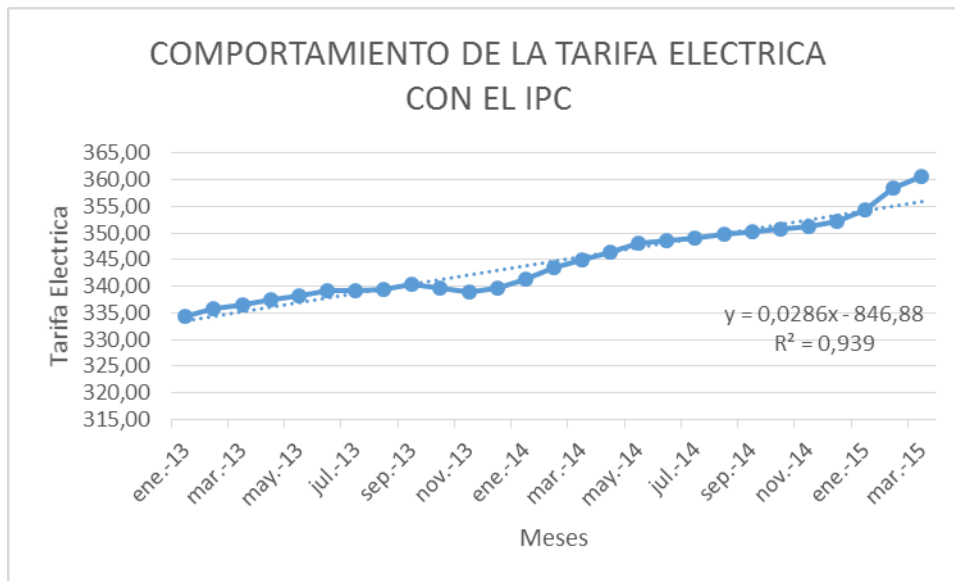
Mediante los valores anteriores, se generó la siguiente gráfica 3, la cual, muestra el comportamiento que tiene la tarifa eléctrica durante el periodo de tiempo analizado (01 de Enero de 2013 hasta 01 de Febrero de 2015). Dando como conclusión que la tarifa eléctrica que genera la ESSA, no tiene relación con el IPC, por lo que no siguen la misma tendencia que el IPC.

Gráfico 7. Comportamiento de la Tarifa Eléctrica con el IPC.



Fuente: Autor

Gráfico 8. Tendencia lineal del comportamiento de la Tarifa Eléctrica con el IPC



Fuente: Autor

Ya que la ESSA, como fue visto anteriormente, no se basa en el IPC, poder aumentar la tarifa eléctrica, se decidió, dejar la proyección con los valores históricos suministrados por la ESSA.

Tabla 20. Tarifa Proyectada a 25 años del kW/h

TARIFA	
AÑO	COSTO Kw/h
	\$
2015	\$378,74
2016	\$402,47
2017	\$424,01
2018	\$445,55
2019	\$467,09
2020	\$488,64
2021	\$510,18
2022	\$531,72
2023	\$553,26
2024	\$574,81
2025	\$596,35
2026	\$617,89
2027	\$639,43
2028	\$660,97
2029	\$682,52
2030	\$704,06
2031	\$725,60
2032	\$747,14
2033	\$768,69
2034	\$790,23
2035	\$811,77
2036	\$833,31
2037	\$854,86
2038	\$876,40
2039	\$897,94
2040	\$919,48

Fuente: Autor

2.3.11 Elección del sistema eléctrico que se usará

Como ya se ha mencionado, se optó por usar paneles fotovoltaicos, esto debido a la ventaja que tiene la región andina en cuanto a la radiación capta y además de esto este tipo de energía es mucho más predecible y estable que las otras energías renovables no convencionales.

2.3.11.1 Ubicación y potencial eléctrico

Para las dos zonas de parqueo descubierto, se consideraron los potenciales energéticos de la región dados por el IDEAM.

2.3.11.2 Energía solar

El máximo potencial eléctrico que proviene de la energía solar fotovoltaica que se obtiene en Bucaramanga y su área metropolitana, se observa en la siguiente tabla.

Tabla 21. Radiación Solar Mensual en Bucaramanga y su Área Metropolitana

RADIACION SOLAR MENSUAL ACUMULADA	
MES	(kWh/m ²)
Enero	181
Febrero	116
Marzo	107
Abril	109
Mayo	119
Junio	94
Julio	119
Agosto	119
Septiembre	111
Octubre	114
Noviembre	133
Diciembre	163
TOTAL	1485

Fuente: IDEAM

Se puede observar que los datos obtenidos por el IDEAM, están en el rango de valores que se aprecian en el atlas de radiación solar, estos valores son correspondientes a la región Andina, este rango de valores está comprendido entre 1.080 – 1.620 kWh/m²/año.

Figura 34. Rango Anual de Disponibilidad de Energía Solar por Regiones

Rango anual de disponibilidad de energía solar por regiones

REGIÓN	kWh/m ² /año
GUAJIRA	1.980 - 2.340
COSTA ATLÁNTICA	1.260 - 2.340
ORINOQUIA	1.440 - 2.160
AMAZONIA	1.440 - 1.800
ANDINA	1.080 - 1.620
COSTA PACÍFICA	1.080 - 1.440

Fuente: Atlas de radiación solar

Considerando que los paneles mono cristalinos tiene una eficiencia entre el 15% y el 16% y los poli cristalinos del 14%, y que los inversores tienen una eficiencia promedio del 94%, según especificaciones técnicas, se logra determinar la energía que puede generar cada panel fotovoltaico para las cubiertas en estudio. Esto se debe a que la eficiencia panel inversor del sistema está dada por la fórmula:

Para paneles mono cristalinos:

$$EFICIENCIA\ PANEL + INVERSOR = 0,16 * 0,94$$

$$EFICIENCIA\ PANEL + INVERSOR = 0,15 = 15\%$$

Para paneles mono cristalinos:

$$EFICIENCIA\ PANEL + INVERSOR = 0,15 * 0,94$$

$$EFICIENCIA\ PANEL + INVERSOR = 0,15 = 15\%$$

En la siguiente tabla se puede apreciar la potencia generada por un panel durante de un año, captando la radiación dada por el IDEAM, en este caso se analizó solo con el área de captación de la radiación del panel específico. En la siguiente tabla se hará el mismo análisis, pero esta vez el área de captación de la radiación será, el área de las cubiertas (de las dos zonas de cubiertas).

Esto se realiza para generar un valor de potencia anual que produce cada tipo de panel en el área de afectación y con la radiación dada.

En las siguientes tablas, se aprecia la cantidad de potencia que puede generar cada referencia de paneles seleccionados según su eficiencia, área efectiva y radiación mensual. En la primera tabla se observa la energía teórica que puede generar un panel durante un año completo y en la siguiente se observa la energía

que genera el sistema de paneles durante un año completo, pero el área efectiva será el área total de las cubiertas.

Para conocer el número de paneles que generan la potencia dada en la tabla 23, se debe remitir a la tabla 24, donde se puede apreciar el número de paneles que necesita cada referencia para generar la potencia anual calculada.

Tabla 22. Energía Mensual Potencialmente Generada Teóricamente por un Panel (según el área de cada panel).

PANEL	SR-175	MS-P-260W	A-250P GSE	A-260M GSE	STP260-20/Wem
TIPO DE CELDA	Policristalino	Monocristalino	Policristalino	Monocristalino	Monocristalino
POTENCIA (W)	175	260	250	260	260
EFICIENCIA	14%	15%	14%	15%	15%
AREA (m2)	1,26	1,86	1,62	1,62	1,54
MES	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	31,9284	50,499	41,0508	43,983	41,811
Febrero	20,4624	32,364	26,3088	28,188	26,796
Marzo	18,8748	29,853	24,2676	26,001	24,717
Abril	19,2276	30,411	24,7212	26,487	25,179
Mayo	20,9916	33,201	26,9892	28,917	27,489
Junio	16,5816	26,226	21,3192	22,842	21,714
Julio	20,9916	33,201	26,9892	28,917	27,489
Agosto	20,9916	33,201	26,9892	28,917	27,489
Septiembre	19,5804	30,969	25,1748	26,973	25,641
Octubre	20,1096	31,806	25,8552	27,702	26,334
Noviembre	23,4612	37,107	30,1644	32,319	30,723
Diciembre	28,7532	45,477	36,9684	39,609	37,653
ANUAL	261,954	414,315	336,798	360,855	343,035

Fuente: Autor

Tabla 23. Energía Mensual Potencialmente Generada Teóricamente por el Sistema de Paneles (Según el área de las cubiertas)

PANEL	SR-175	MS-P-260W	A-250P GSE	A-260M GSE	STP260-20/Wem
TIPO DE CELDA	Policristalino	Monocristalino	Policristalino	Monocristalino	Monocristalino
POTENCIA (W)	175	260	250	260	260
EFICIENCIA	14%	15%	14%	15%	15%
AREA (m2)	508,3	508,3	508,3	508,3	508,3
MES	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	12880	13800	12880	13800	13800
Febrero	8255	8844	8255	8844	8844
Marzo	7614	8158	7614	8158	8158
Abril	7757	8311	7757	8311	8311
Mayo	8468	9073	8468	9073	9073
Junio	6689	7167	6689	7167	7167
Julio	8468	9073	8468	9073	9073
Agosto	8468	9073	8468	9073	9073
Septiembre	7899	8463	7899	8463	8463
Octubre	8112	8692	8112	8692	8692
Noviembre	9465	10141	9465	10141	10141
Diciembre	11599	12428	11599	12428	12428
ANUAL	105676	113224	105676	113224	113224

Fuente: Autor

2.3 ANALISIS FINANCIERO

El análisis económico se basa en la evaluación del flujo de caja de ingresos y egresos del proyecto y cálculo de en qué momento en el tiempo se recupera la inversión, para este análisis se usó el instrumento de evaluación económica llamado Tasa Interna de Retorno. Mediante el instrumento TIR, se puede apreciar la tasa de oportunidad que tiene el negocio en un determinado periodo de tiempo (25 años), además de eso, también se analizara el Valor Presente Neto del negocio para apreciar la rentabilidad que tiene este.

El periodo de evaluación será 25 años, debido a que la vida útil de los paneles fotovoltaicos está en ese orden y se considera que el valor de salvamento luego de este periodo será cero.

Para esto se generaron dos escenarios, el primero consta en determinar la cantidad de paneles que se debe poseer para poder cubrir el 20%, 40%, 60%, 80% y el 100% del consumo eléctrico de la universidad, este se puede observar en el anexo 2. El segundo escenario, es el de la aplicación a las cubiertas, que es el que al final generar una rentabilidad y una tasa de oportunidad frente a otros negocios.

En la siguiente tabla, se aprecia la cantidad de paneles, según las dimensiones de cada uno de ellos, teniendo en cuenta el área efectiva de las cubiertas de las dos zonas de parqueo descubierto del edificio k.

Tabla 24. Numero de paneles a usar según el área efectiva de las cubiertas

AREA PANEL (m2)	AREA TOTAL A USAR (m2)	NUMERO DE PANELES
1,26	508,3	403
1,86	508,3	273
1,62	508,3	314
1,62	508,3	314
1,54	508,3	330

Fuente: Autor

2.4.1 Ingresos

Tabla 25. Ingresos debido al ahorro generado por paneles fotovoltaicos en las cubiertas

INGRESOS					
CUBIERTAS ZONAS DE PARQUEO DESCUBIERTAS DEL EDIFICIO K					
PANEL	SR-175	MS-P-260W	A-250P GSE	A-260M GSE	STP260-20/Wem
POTENCIA (kWh/AÑO)	105676	113224	105676	113224	113224
NUMERO DE PANELES	403	273	314	314	330
AÑO	\$	\$	\$	\$	\$
2015	\$ 40.023.627,91	\$ 42.882.458,47	\$ 40.023.627,91	\$ 42.882.458,47	\$ 42.882.458,47
2016	\$ 42.530.823,96	\$ 45.568.739,95	\$ 42.530.823,96	\$ 45.568.739,95	\$ 45.568.739,95
2017	\$ 44.807.329,35	\$ 48.007.852,88	\$ 44.807.329,35	\$ 48.007.852,88	\$ 48.007.852,88
2018	\$ 47.083.834,75	\$ 50.446.965,81	\$ 47.083.834,75	\$ 50.446.965,81	\$ 50.446.965,81
2019	\$ 49.360.340,15	\$ 52.886.078,74	\$ 49.360.340,15	\$ 52.886.078,74	\$ 52.886.078,74
2020	\$ 51.636.845,55	\$ 55.325.191,66	\$ 51.636.845,55	\$ 55.325.191,66	\$ 55.325.191,66
2021	\$ 53.913.350,95	\$ 57.764.304,59	\$ 53.913.350,95	\$ 57.764.304,59	\$ 57.764.304,59
2022	\$ 56.189.856,35	\$ 60.203.417,52	\$ 56.189.856,35	\$ 60.203.417,52	\$ 60.203.417,52
2023	\$ 58.466.361,75	\$ 62.642.530,45	\$ 58.466.361,75	\$ 62.642.530,45	\$ 62.642.530,45
2024	\$ 60.742.867,15	\$ 65.081.643,37	\$ 60.742.867,15	\$ 65.081.643,37	\$ 65.081.643,37
2025	\$ 63.019.372,55	\$ 67.520.756,30	\$ 63.019.372,55	\$ 67.520.756,30	\$ 67.520.756,30
2026	\$ 65.295.877,95	\$ 69.959.869,23	\$ 65.295.877,95	\$ 69.959.869,23	\$ 69.959.869,23
2027	\$ 67.572.383,35	\$ 72.398.982,16	\$ 67.572.383,35	\$ 72.398.982,16	\$ 72.398.982,16
2028	\$ 69.848.888,75	\$ 74.838.095,08	\$ 69.848.888,75	\$ 74.838.095,08	\$ 74.838.095,08
2029	\$ 72.125.394,14	\$ 77.277.208,01	\$ 72.125.394,14	\$ 77.277.208,01	\$ 77.277.208,01
2030	\$ 74.401.899,54	\$ 79.716.320,94	\$ 74.401.899,54	\$ 79.716.320,94	\$ 79.716.320,94
2031	\$ 76.678.404,94	\$ 82.155.433,87	\$ 76.678.404,94	\$ 82.155.433,87	\$ 82.155.433,87
2032	\$ 78.954.910,34	\$ 84.594.546,80	\$ 78.954.910,34	\$ 84.594.546,80	\$ 84.594.546,80
2033	\$ 81.231.415,74	\$ 87.033.659,72	\$ 81.231.415,74	\$ 87.033.659,72	\$ 87.033.659,72
2034	\$ 83.507.921,14	\$ 89.472.772,65	\$ 83.507.921,14	\$ 89.472.772,65	\$ 89.472.772,65
2035	\$ 85.784.426,54	\$ 91.911.885,58	\$ 85.784.426,54	\$ 91.911.885,58	\$ 91.911.885,58
2036	\$ 88.060.931,94	\$ 94.350.998,51	\$ 88.060.931,94	\$ 94.350.998,51	\$ 94.350.998,51
2037	\$ 90.337.437,34	\$ 96.790.111,43	\$ 90.337.437,34	\$ 96.790.111,43	\$ 96.790.111,43
2038	\$ 92.613.942,74	\$ 99.229.224,36	\$ 92.613.942,74	\$ 99.229.224,36	\$ 99.229.224,36
2039	\$ 94.890.448,14	\$ 101.668.337,29	\$ 94.890.448,14	\$ 101.668.337,29	\$ 101.668.337,29
2040	\$ 97.166.953,54	\$ 104.107.450,22	\$ 97.166.953,54	\$ 104.107.450,22	\$ 104.107.450,22
TOTAL	\$ 1.786.245.846,55	\$ 1.913.834.835,59	\$ 1.786.245.846,55	\$ 1.913.834.835,59	\$ 1.913.834.835,59

Fuente: Autor

2.4.2 Inversión

Para el análisis de la inversión, se adaptaron cinco escenarios fijos y dos escenarios variables, uno de ellos está hecho para un sistema de abastecimiento inyectado a la red y el otro para un sistema de abastecimiento independiente a la red. Para efectos de este proyecto, se tomó que la inversión será todos los insumos necesarios para poder operar el sistema, debido a que la inversión se realiza al principio del proyecto y luego se tendrán unos costos mínimos, que son despreciables.

2.4.2.1 Escenarios fijos

En el primer escenario de análisis, tabla 26, se realizó la siguiente configuración de dispositivos electrónicos el sistema:

- Panel: SR-175, con una cantidad de 403 Paneles.
- Inversor: IG Plus 10 Kw, con una cantidad de 10 Inversores.
- Regulador: AS-S203017
- Batería: AS- S090221

Además de esto, por medio de los proveedores, se logró conocer que el valor de los complementarios (cables, conectores, entre otros) era de, 5% de la inversión total del sistema y que el valor de la instalación del sistema es del 15% de la inversión total del sistema.

La cantidad de los reguladores y baterías se asume como cero, ya que el sistema es inyectado a red y no se necesita estos dispositivos.

Dando así para este escenario una inversión de \$ 891.074.900 pesos, valor que no incluye el precio de la infraestructura civil que para este caso sería la cubierta.

Tabla 26. Inversión para el sistema solar escenario 1.

CUBIERTAS ZONAS DE PARQUEO DESCUBIERTAS DEL EDIFICIO K						
POTENCIA (W) Anual		105676				
	OPCION 1	\$	CANTIDADES	% DE TOTAL	TOTAL INVERSION	TOTAL INVERSION+ CUBIERTA
INSUMOS	PANEL Ref. SR-175	\$ 1.490.000,00	403	-	\$ 601.084.920,63	\$ 601.084.920,63
	INVERSOR Ref. IG Plus 10. Kw	\$ 11.177.500,00	10	-	\$ 111.775.000,00	\$ 111.775.000,00
	REGULADOR Ref. AS-S203017	\$ 780.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	BATERIA Ref. AS-S090221	\$ 220.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	COMPLEMENTARIOS	\$ 891.074.900,79	-	5%	\$ 44.553.745,04	\$ 44.553.745,04
	INSTALACION DEL SISTEMA	\$ 891.074.900,79	-	15%	\$ 133.661.235,12	\$ 133.661.235,12
INFRAESTRUCTURA	CUBIERTA GLOBAL	\$ 39.583.353,29	1	-	\$ 39.583.353,29	\$ 39.583.353,29
TOTAL					\$ 891.074.900,79	\$ 930.658.254,08

Fuente: Autor

En el segundo escenario de análisis, tabla 27, se realizó la siguiente configuración de dispositivos electrónicos el sistema:

- Panel: MS-P-260W, con una cantidad de 273 Paneles.
- Inversor: IG 150V- Plus-3, con una cantidad de 10 Inversores.
- Regulador: WS-L2430
- Batería: AS- S0902203

Además de esto, por medio de los proveedores, se logró conocer que el valor de los complementarios (cables, conectores, entre otros) era de, 5% de la inversión total del sistema y que el valor de la instalación del sistema es del 15% de la inversión total del sistema.

La cantidad de los reguladores y baterías se asume como cero, ya que el sistema es inyectado a red y no se necesita estos dispositivos.

Dando así para este escenario una inversión de \$ 335.603.629 pesos, valor que no incluye el precio de la infraestructura civil que para este caso sería la cubierta.

Tabla 27. Inversión para el sistema solar escenario 2.

POTENCIA (W) Anual		113224	CANTIDADES	% DE TOTAL	TOTALES	TOTAL INVERSION+ CUBIERTA
OPCION 2		\$				
INSUMOS	PANEL Ref. MS-P-260W	\$ 504.000,00	273	-	\$ 137.732.903,23	\$ 137.732.903,23
	INVERSOR Ref. IG 150V-Plus-3	\$ 13.075.000,00	10	-	\$ 130.750.000,00	\$ 130.750.000,00
	REGULADOR Ref. WS-L2430	\$ 250.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	BATERIA Ref. AS-S090203	\$ 1.300.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	COMPLEMENTARIOS	\$ 335.603.629,03	-	5%	\$ 16.780.181,45	\$ 16.780.181,45
	INSTALACION DEL SISTEMA	\$ 335.603.629,03	-	15%	\$ 50.340.544,35	\$ 50.340.544,35
INFRAESTRUCTURA	CUBIERTA GLOBAL	\$ 39.583.353,29	1	-	\$ 39.583.353,29	\$ 39.583.353,29
TOTAL INVERSION					\$ 335.603.629,03	\$ 375.186.982,32

Fuente: Autor

En el tercer escenario de análisis, tabla 28, se realizó la siguiente configuración de dispositivos electrónicos el sistema:

- Panel: A- 250 P GSE, con una cantidad de 314 Paneles.
- Inversor: STECA GRID 10.000W, con una cantidad de 10 Inversores.
- Regulador: CL-30A
- Batería: AS- S090215

Además de esto, por medio de los proveedores, se logró conocer que el valor de los complementarios (cables, conectores, entre otros) era de, 5% de la inversión total del sistema y que el valor de la instalación del sistema es del 15% de la inversión total del sistema.

La cantidad de los reguladores y baterías se asume como cero, ya que el sistema es inyectado a red y no se necesita estos dispositivos.

Dando así para este escenario una inversión de \$ 323.499.733 pesos, valor que no incluye el precio de la infraestructura civil que para este caso sería la cubierta.

Tabla 28. Inversión para el sistema solar escenario 3.

POTENCIA (W) Anual		105676				
OPCION 3		\$	CANTIDADES	% DE TOTAL	TOTALES	TOTAL INVERSION+ CUBIERTA
INSUMOS	PANEL Ref. A-250P GSE	\$ 597.503,00	314	-	\$ 187.475.786,98	\$ 187.475.786,98
	INVERSOR Ref. STECA GRID 10.000W	\$ 7.132.400,00	10	-	\$ 71.324.000,00	\$ 71.324.000,00
	REGULADOR Ref.SCL-30A	\$ 70.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	BATERIA Ref. AS-S090215	\$ 620.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	COMPLEMENTARIOS	\$ 323.499.733,72	-	5%	\$ 16.174.986,69	\$ 16.174.986,69
	INSTALACION DEL SISTEMA	\$ 323.499.733,72	-	15%	\$ 48.524.960,06	\$ 48.524.960,06
INFRAESTRUCTURA	CUBIERTA GLOBAL	\$ 39.583.353,29	1	-	\$ 39.583.353,29	\$ 39.583.353,29
TOTAL INVERSION					\$ 323.499.733,72	\$ 363.083.087,01

Fuente: Autor

En el cuarto escenario de análisis, tabla 29, se realizó la siguiente configuración de dispositivos electrónicos el sistema:

- Panel: A- 260M GSE, con una cantidad de 314 Paneles.
- Inversor: ZIGOR SOLAR XTR3 10, con una cantidad de 10 Inversores.
- Regulador: MPPT15
- Batería: GB 12-65

Además de esto, por medio de los proveedores, se logró conocer que el valor de los complementarios (cables, conectores, entre otros) era de, 5% de la inversión total del sistema y que el valor de la instalación del sistema es del 15% de la inversión total del sistema.

La cantidad de los reguladores y baterías se asume como cero, ya que el sistema es inyectado a red y no se necesita estos dispositivos.

Dando así para este escenario una inversión de \$ 532.787.427 pesos, valor que no incluye el precio de la infraestructura civil que para este caso sería la cubierta.

Tabla 29. Inversión para el sistema solar escenario 4.

POTENCIA (W) Anual		113224				
OPCION 4		\$	CANTIDADES	% DE TOTAL	TOTALES	TOTAL INVERSION+ CUBIERTA
INSUMOS	PANEL Ref. A-260M GSE	\$ 820.820,00	314	-	\$ 257.544.941,98	\$ 257.544.941,98
	INVERSOR Ref. ZIGOR SOLAR XTR3 10	\$ 16.868.500,00	10	-	\$ 168.685.000,00	\$ 168.685.000,00
	REGULADOR Ref. MPPT15	\$ 150.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	BATERIA Ref. GB 12-65	\$ 410.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	COMPLEMENTARIOS	\$ 532.787.427,47	-	5%	\$ 26.639.371,37	\$ 26.639.371,37
	INSTALACION DEL SISTEMA	\$ 532.787.427,47	-	15%	\$ 79.918.114,12	\$ 79.918.114,12
INFRAESTRUCTURA	CUBIERTA GLOBAL	\$ 39.583.353,29	1	-	\$ 39.583.353,29	\$ 39.583.353,29
TOTAL INVERSION					\$ 532.787.427,47	\$ 572.370.780,76

Fuente: Autor

En el quinto escenario de análisis, tabla 30, se realizó la siguiente configuración de dispositivos electrónicos el sistema:

- Panel: STO 260-20/Wem, con una cantidad de 330 Paneles.
- Inversor: ZIGOR SOLAR XTR3 13, con una cantidad de 10 Inversores.
- Regulador: REGS122430
- Batería: GB 12-200

Además de esto, por medio de los proveedores, se logró conocer que el valor de los complementarios (cables, conectores, entre otros) era de, 5% de la inversión total del sistema y que el valor de la instalación del sistema es del 15% de la inversión total del sistema.

La cantidad de los reguladores y baterías se asume como cero, ya que el sistema es inyectado a red y no se necesita estos dispositivos.

Dando así para este escenario una inversión de \$ 468.185.056 pesos, valor que no incluye el precio de la infraestructura civil que para este caso sería la cubierta.

Tabla 30. Inversión para el sistema solar escenario 5.

POTENCIA (W) Anual		113224	CANTIDADES	% DE TOTAL	TOTALES	TOTAL INVERSION+ CUBIERTA
OPCION 5		\$				
INSUMOS	PANEL Ref. STP260-20/Wem	\$ 667.510,00	330	-	\$ 220.321.644,81	\$ 220.321.644,81
	INVERSOR Ref. ZIGOR SOLAR XTR3 13	\$ 19.278.300,00	8	-	\$ 154.226.400,00	\$ 154.226.400,00
	REGULADOR Ref. REGS122430	\$ 90.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	BATERIA Ref. GB 12-200	\$ 880.000,00	0	-	\$ -	\$ -
	COMPLEMENTARIOS	\$ 468.185.056,01	-	5%	\$ 23.409.252,80	\$ 23.409.252,80
	INSTALACION DEL SISTEMA	\$ 468.185.056,01	-	15%	\$ 70.227.758,40	\$ 70.227.758,40
INFRAESTRUCTURA	CUBIERTA GLOBAL	\$ 39.583.353,29	1	-	\$ 39.583.353,29	\$ 39.583.353,29
TOTAL INVERSION					\$ 468.185.056,01	\$ 507.768.409,29

Fuente: Autor

2.4.2.2 Escenarios variables

Se realizaron dos escenarios variables en la hoja de cálculo, en los cuales, el de la tabla 31, es aquel que es inyectado a la red, el cual es una ayuda para poder generar cualquier tipo de configuración de dispositivos electrónicos, existentes en la base de datos.

En la tabla 32, es un escenario variable independiente a la red, el cual tiene como objetivo poder realizar cualquier configuración de dispositivos en la base de datos, pero con la diferencia que al ser un sistema independiente a la red, conlleve a que se necesiten los dispositivos como lo son los reguladores y las baterías.

Tabla 31. Inversión para el sistema solar inyectado a la red.

ESCENARIO CUALQUIERA (INYECTADO A LA RED)							
CUBIERTAS ZONAS DE PARQUEO DESCUBIERTAS DEL EDIFICIO K							
			\$	CANTIDADES	% DE TOTAL	TOTAL INVERSION	TOTAL INVERSION+ CUBIERTA
INSUMOS	PANELES	MS-P-260W	\$ 504.000,00	273	-	\$ 137.592.000,00	\$ 137.592.000,00
	INVERSORES	STECA GRID 10.000W	\$ 7.132.400,00	10	-	\$ 71.324.000,00	\$ 71.324.000,00
	COMPLEMENTARIOS		\$ 261.145.000,00	-	5%	\$ 13.057.250,00	\$ 13.057.250,00
	INSTALACION		\$ 261.145.000,00	-	15%	\$ 39.171.750,00	\$ 39.171.750,00
INFRAESTRUCTURA	CUBIERTA GLOBAL		\$ 39.583.353,29	1	-	\$ 39.583.353,29	\$ 39.583.353,29
TOTAL INVERSION						\$ 261.145.000,00	\$ 300.728.353,29

Fuente: Autor

Tabla 32. Inversión para el sistema solar independiente a la red.

ESCENARIO CUALQUIERA (INDEPENDIENTE A LA RED)							
CUBIERTAS ZONAS DE PARQUEO DESCUBIERTAS DEL EDIFICIO K							
			\$	CANTIDADES	% DE TOTAL	TOTALES	TOTAL INVERSION+ CUBIERTA
INSUMOS	PANELES	A-250P GSE	\$ 597.503,00	273	-	\$ 163.118.319,00	\$ 163.118.319,00
	INVERSORES	STECA GRID 10.000W	\$ 7.132.400,00	10	-	\$ 71.324.000,00	\$ 71.324.000,00
	REGULADORES	REGS122430	\$ 90.000,00	10	-	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
	BATERIAS	AS-S090215	\$ 620.000,00	10	-	\$ 6.200.000,00	\$ 6.200.000,00
	COMPLEMENTARIOS		\$ 301.927.898,75	-	5%	15.096.394,94	\$ 15.096.394,94
	INSTALACION		\$ 301.927.898,75	-	15%	\$ 45.289.184,81	\$ 45.289.184,81
INFRAESTRUCTURA	CUBIERTA GLOBAL		\$ 39.583.353,29	1	-	\$ 39.583.353,29	\$ 39.583.353,29
TOTAL INVERSION						\$ 301.927.898,75	\$ 341.511.252,04

Fuente: Autor

2.4.2.3 Cubiertas para parqueadero

Mediante el presupuesto realizado en la tabla 33, se determinaron unos precios por metro cuadrado y metro cubico para la construcción de las cubiertas, estos precios incluían: la mano de obra, los materiales y la construcción de esta.

Los ítems y precios fueron tomados de CONSTRUDATA, luego fueron organizados en el presupuesto. El presupuesto fue generado por unidad, es decir, calculado para una columna, una zapata, un metro cuadrado de cubierta metálica, para luego, hallar el precio total que tenía la construcción de esta.

Cabe resaltar, que el presupuesto es una ayuda para estimar aproximadamente esta inversión, pero al momento de que decida construir la estructura que soportara los paneles, se realice a mayor detalle y con las dimensiones referentes al diseño estructural.

Para hallar el precio total que costaba la cubierta, se realizó un conteo del número de zapatas, columnas, metros cuadrados de cubiertas metálicas y se estimó un valor global para la infraestructura de: \$39.583.353 pesos.

Tabla 33. Presupuesto de Cubiertas.

PRESUPUESTO DE OBRA PROYECTO CUBIERTAS PARA PARQUEADERO					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1 MOVIMIENTOS DE TIERRA Y RELLENOS					
1,2	Excavaciones manuales para zapatas y vigas	m3	1,0000	\$ 8.416,00	\$ 8.416,00
Total					\$ 8.416,00
2 ESTRUCTURA CIMENTACIÓN					
2,1	Solados de limpieza para zapatas	m2	0,1000	\$ 10.542,00	\$ 1.054,20
2,2	Solados de limpieza para vigas	m2	1,0000	\$ 4.934,00	\$ 4.934,00
2,3	Concreto premezclado 3000 psi para zapatas. Incluye formaleta, fundición, vibrado y desformal.	m3	0,0720	\$ 266.083,00	\$ 19.157,98
2,4	Refuerzo estructura de cimentación Fy=60000 psi. Incluye corte, flejado y colocación. D=3/8"	kg	1,0000	\$ 2.317,00	\$ 2.317,00
Total					\$ 27.463,18
3 COLUMNAS					
3,1	Concreto premezclado 4000 psi columnas. Incl. formaleta, fundición, vibrado, curado y desencofre.	m3	0,0880	\$ 485.931,00	\$ 42.761,93
3,2	Refuerzo columnas Fy=60000 psi. D = 1/2"	kg	1,0000	\$ 2.317,00	\$ 2.317,00
Total					\$ 45.078,93
4 ESTRUCTURA METALICA PARA CUBIERTAS					
4,1	Barra G 60 3/8" 6m	m	1,0000	\$ 11.825,00	\$ 11.825,00
4,2	Mano de obra AA	hc	1,0000	\$ 16.490,00	\$ 16.490,00
4,3	Perfil tipo perlin en c	m	1,0000	\$ 18.000,00	\$ 18.000,00
4,4	Soldadura electrica 004 kg de 3/32"	kg	1,0000	\$ 3.180,00	\$ 3.180,00
Total					\$ 49.495,00
5 CUBIERTAS					
5,1		m2	1	\$ 25.780,00	\$ 25.780,00
Total					\$ 25.780,00
6 ASEO Y RETIRO DE ESCOMBROS					
6,1	Aseo permanente de obra y retiro de escombros	m3	1,0000	\$ 8.950,00	\$ 8.950,00
Total					\$ 8.950,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 165.183,10

Fuente: Autor

2.4.2.4 Tasas de oportunidad

La tasa interna de oportunidad, es la tasa mínima en la que el gestor o el inversor está dispuesto a ganar al invertir en un negocio, esta tasa es usada para poder determinar el valor presente neto de los flujos futuros de caja del proyecto analizado y la rentabilidad mínima que se le debe exigir al proyecto para tomar la decisión de no invertir en un uso alternativo de los recursos.

Se realizó una consulta en los principales bancos de Bucaramanga, para conocer las tasas de CDTs que estos manejan, con el fin, de generar una tasa de oportunidad para poder hacer un comparativo con las tasas que nos da el negocio de la implementación de sistemas solares.

Esta tasa fue consultada en Febrero de 2015. Se escogió este tipo de tasa de oportunidad, ya que es la tasa con la cual cualquier persona que tenga un dinero para invertir y tener una rentabilidad del mismo, en otras palabras, es el negocio en el cual es más sencillo poder invertir y tener rentabilidad.

Los Bancos que fueron parte de este sondeo fueron: Bancolombia, Davivienda, CityBank, Banco Popular, BBVA, HELM y el Banco de Bogotá, estos bancos fueron seleccionados para el sondeo de la tasa interna de oportunidad, ya que son los principales bancos en Bucaramanga y su área metropolitana, además de estar bien posicionados nacionalmente.

Los tiempos con los cuales se escogió la tasa de oportunidad de cada Banco, fue de 365 días, esto debido a que la tasa de oportunidad del negocio de energía solar por medio de paneles solares, está dada en un tiempo anual.

En la siguiente tabla se observan las tasas de oportunidad que cada Banco escogido en el sondeo otorga a cualquier persona que quiera tener una rentabilidad con su dinero, a 365 días, luego de esto, se promediaron todas las tasas de oportunidad de los Bancos analizados y como resultado se obtuvo una tasa de oportunidad promedio del 4.2 % anual, tasa con la cual se puede realizar la comparación frente al negocio propuesto en este proyecto.

Tabla 34. Tasa de interés CDTs de los bancos

TASA DE INTERES CDT ANUAL	
BANCO	CDT (%)
BANCOLOMBIA	4,50
DAVIVIENDA	4,10
CITYBANC	3,55
BANCO POPULAR	4,00
BBVA	4,55
HELM	4,55
BANCO BOGOTA	4,20
PROMEDIO	4,21

Fuente: Autor

2.5 RESULTADOS

2.5.1 Escenario 1

En la tabla 34, se puede observar el flujo de caja que se generó al realizar la configuración de dispositivos para este escenario.

Para el flujo de caja, se asumió que los egresos se manejaran en términos de la inversión, ya que este sistema no tiene egresos a lo largo del tiempo. Los ahorros obtenidos después de la recuperación de la inversión se manejaran en términos de ingresos.

Este escenario tiene una inversión de \$ 891.074.900 pesos, en la cual no se incluye el precio global de la infraestructura civil, la cual es la inversión más alta de los cinco escenarios, esto se debe que la referencia del panel que tenía esta configuración tenía un área efectiva muy pequeña, por lo que aumento aproximadamente el doble la cantidad de paneles frente a los demás escenarios. Este aumento de la cantidad de paneles, se vio directamente evidenciado en el aumento de la inversión, mas no en la cantidad de potencia generada por el sistema.

Los ahorros o ingresos generados por el sistema, son de \$1.786.245.846 pesos, durante un periodo de 25 años, estos ahorros se empiezan a evidenciar desde el momento que se instala el sistema de abastecimiento, pero solo se empiezan a evidenciar como un ahorro formal al momento donde se recupera la inversión hecha para este. Este escenario ocupa el puesto de ser el menos rentable, por lo no es recomendable, en dado caso que se quisiera implementar el sistema, usar esta configuración.

Tabla 35. Flujo de caja

				TOTAL	
EGRESOS= INVERSION		\$	OPCIONES	Opcion 1	\$ 891.074.900,79
INGRESOS		\$			\$ 1.786.245.846,55
INGRESOS - EGRESOS		\$			
ACUMULADO FLUJO DE CAJA		\$			
AÑO	2015	2016	2017	2018	2019
	\$ 891.074.900,79				
	\$ 40.023.627,91	\$ 42.530.823,96	\$ 44.807.329,35	\$ 47.083.834,75	\$ 49.360.340,15
	-\$ 851.051.272,89	\$ 42.530.823,96	\$ 44.807.329,35	\$ 47.083.834,75	\$ 49.360.340,15
	-\$ 851.051.272,89	-\$ 808.520.448,93	-\$ 763.713.119,58	-\$ 716.629.284,82	-\$ 667.268.944,67

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
\$ 51.636.845,55	\$ 53.913.350,95	\$ 56.189.856,35	\$ 58.466.361,75	\$ 60.742.867,15	\$ 63.019.372,55	\$ 65.295.877,95
\$ 51.636.845,55	\$ 53.913.350,95	\$ 56.189.856,35	\$ 58.466.361,75	\$ 60.742.867,15	\$ 63.019.372,55	\$ 65.295.877,95
-\$ 615.632.099,12	-\$ 561.718.748,17	-\$ 505.528.891,82	-\$ 447.062.530,07	-\$ 386.319.662,92	-\$ 323.300.290,37	-\$ 258.004.412,42
2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
\$ 67.572.383,35	\$ 69.848.888,75	\$ 72.125.394,14	\$ 74.401.899,54	\$ 76.678.404,94	\$ 78.954.910,34	\$ 81.231.415,74
\$ 67.572.383,35	\$ 69.848.888,75	\$ 72.125.394,14	\$ 74.401.899,54	\$ 76.678.404,94	\$ 78.954.910,34	\$ 81.231.415,74
-\$ 190.432.029,07	-\$ 120.583.140,33	-\$ 48.457.746,18	\$ 25.944.153,36	\$ 102.622.558,30	\$ 181.577.468,65	\$ 262.808.884,39
2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
\$ 83.507.921,14	\$ 85.784.426,54	\$ 88.060.931,94	\$ 90.337.437,34	\$ 92.613.942,74	\$ 94.890.448,14	\$ 97.166.953,54
\$ 83.507.921,14	\$ 85.784.426,54	\$ 88.060.931,94	\$ 90.337.437,34	\$ 92.613.942,74	\$ 94.890.448,14	\$ 97.166.953,54
\$ 346.316.805,53	\$ 432.101.232,07	\$ 520.162.164,01	\$ 610.499.601,34	\$ 703.113.544,08	\$ 798.003.992,22	\$ 895.170.945,75

Fuente: Autor

En la tabla 35, se puede apreciar la Tasa Interna de Retorno (TIR) para este escenario es del 6%, aunque es una TIR un poco mayor a la Tasa Interna de Oportunidad (TIO), es la más baja de los cinco escenarios, debido a la inversión tan alta que se tiene para implementar el sistema con dicha configuración.

Tabla 36. TIR

TIR
6%

Fuente: Autor

En la tabla 36, se observa que según la TIR de este escenario para negocios con tasas de oportunidad mayores o iguales al 6%, la implementación del sistema no sería rentable, aunque se presentara un ahorro considerable en el consumo eléctrico.

Tabla 37. VPN y tasa

VPN	TASA
\$ 457.901.690,08	2,0%
\$ 162.250.241,76	4,0%
-\$ 40.897.214,59	6,0%
-\$ 182.553.446,51	8,0%
-\$ 236.848.907,16	9,0%
-\$ 282.623.691,16	10,0%
-\$ 321.314.591,55	11,0%

Fuente: Autor

En la tabla 37, se aprecia que con una TIO como la usada por los bancos consultados en sus CDTs, se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de \$138.397.493

Tabla 38. VPN real y tasa de oportunidad

VPN REAL	TASA OPORTUNIDAD
\$ 138.397.493,39	4,20%

Fuente: Autor

Tabla 39. Ingresos y Egresos, según tasa

INGRESOS	EGRESOS
\$ 1.331.504.533,99	\$ 873.602.843,92
\$ 1.019.053.030,99	\$ 856.802.789,22
\$ 799.739.484,27	\$ 840.636.698,86
\$ 642.515.906,08	\$ 825.069.352,59
\$ 580.651.001,82	\$ 817.499.908,99
\$ 527.444.400,47	\$ 810.068.091,63
\$ 481.455.589,35	\$ 802.770.180,90

Fuente: Autor

Tabla 40. Ingresos menos Egresos

I-E
\$ 457.901.690,08
\$ 162.250.241,76
-\$ 40.897.214,59
-\$ 182.553.446,51
-\$ 236.848.907,16
-\$ 282.623.691,16
-\$ 321.314.591,55

Fuente: Autor

2.5.2 Escenario 2

En la tabla 40, se puede observar el flujo de caja que se generó al realizar la configuración de dispositivos para este escenario.

Para el flujo de caja, se asumió que los egresos se manejaran en términos de la inversión, ya que este sistema no tiene egresos a lo largo del tiempo. Los ahorros obtenidos después de la recuperación de la inversión se manejaran en términos de ingresos.

Este escenario tiene una inversión de \$ 335.603.629 pesos, en la cual no se incluye el precio global de la infraestructura civil, la cual es la inversión más pequeña de los cinco escenarios, esto se debe que la referencia del panel que tenía esta configuración tenía un área efectiva mayor a las de los otros paneles, por lo que disminuye aproximadamente a la mitad la cantidad de paneles frente a los demás escenarios. Esta disminución de la cantidad de paneles, se vio directamente evidenciado en una inversión más pequeña, sin alterar la potencia que se genera en el sistema.

Los ahorros o ingresos generados por el sistema, son de \$1.913.834.835 pesos, durante un periodo de 25 años, estos ahorros se empiezan a evidenciar desde el momento que se instala el sistema de abastecimiento, pero solo se empiezan a evidenciar como un ahorro formal al momento donde se recupera la inversión hecha para este. Este es el ahorro más grande de los cinco escenarios, por lo que se puede decir que es la mejor configuración para poder implementar el sistema en la Universidad.

Tabla 41. Flujo de caja

				TOTAL	
EGRESOS= INVERSION	\$	OPCIONES	Opcion 2	\$ 335.603.629,03	
INGRESOS	\$			\$ 1.913.834.835,59	
INGRESOS - EGRESOS	\$				
ACUMULADO FLUJO DE CAJA	\$				

AÑO	2015	2016	2017	2018	2019
	\$ 335.603.629,03				
	\$ 42.882.458,47	\$ 45.568.739,95	\$ 48.007.852,88	\$ 50.446.965,81	\$ 52.886.078,74
	-\$ 292.721.170,56	\$ 45.568.739,95	\$ 48.007.852,88	\$ 50.446.965,81	\$ 52.886.078,74
	-\$ 292.721.170,56	-\$ 247.152.430,61	-\$ 199.144.577,73	-\$ 148.697.611,92	-\$ 95.811.533,19

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
\$ 55.325.191,66	\$ 57.764.304,59	\$ 60.203.417,52	\$ 62.642.530,45	\$ 65.081.643,37	\$ 67.520.756,30	\$ 69.959.869,23
\$ 55.325.191,66	\$ 57.764.304,59	\$ 60.203.417,52	\$ 62.642.530,45	\$ 65.081.643,37	\$ 67.520.756,30	\$ 69.959.869,23
-\$ 40.486.341,52	\$ 17.277.963,07	\$ 77.481.380,59	\$ 140.123.911,03	\$ 205.205.554,41	\$ 272.726.310,71	\$ 342.686.179,94

2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
\$ 72.398.982,16	\$ 74.838.095,08	\$ 77.277.208,01	\$ 79.716.320,94	\$ 82.155.433,87	\$ 84.594.546,80	\$ 87.033.659,72
\$ 72.398.982,16	\$ 74.838.095,08	\$ 77.277.208,01	\$ 79.716.320,94	\$ 82.155.433,87	\$ 84.594.546,80	\$ 87.033.659,72
\$ 415.085.162,10	\$ 489.923.257,18	\$ 567.200.465,19	\$ 646.916.786,13	\$ 729.072.220,00	\$ 813.666.766,80	\$ 900.700.426,52

2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
\$ 89.472.772,65	\$ 91.911.885,58	\$ 94.350.998,51	\$ 96.790.111,43	\$ 99.229.224,36	\$ 101.668.337,29	\$ 104.107.450,22
\$ 89.472.772,65	\$ 91.911.885,58	\$ 94.350.998,51	\$ 96.790.111,43	\$ 99.229.224,36	\$ 101.668.337,29	\$ 104.107.450,22
\$ 990.173.199,17	\$ 1.082.085.084,75	\$ 1.176.436.083,25	\$ 1.273.226.194,69	\$ 1.372.455.419,05	\$ 1.474.123.756,34	\$ 1.578.231.206,55

Fuente: Autor

En la tabla 41, se puede apreciar la Tasa Interna de Retorno (TIR) para este escenario es del 19%, es la TIR más alta de los cinco escenarios, debido a que la inversión es menor, lo que esta configuración la hace muy rentable para cualquier tipo de negocio con un TIR menor a 19%.

Tabla 42. TIR

TIR
19%

Fuente: Autor

En la tabla 42, se observa que según la TIR de este escenario para negocios con tasas de oportunidad mayores o iguales al 19%, la implementación del sistema no sería rentable, lo cual es muy bueno en términos económicos, ya que muy pocos negocios ofrecen este tipo de tasas.

Tabla 43. VPN y Tasa

VPN	TASA
\$ 1.097.588.834,99	2,0%
\$ 769.146.736,06	4,0%
\$ 540.256.535,94	6,0%
\$ 377.665.798,42	8,0%
\$ 314.232.835,74	9,0%
\$ 260.024.792,29	10,0%
\$ 213.499.662,56	11,0%

Fuente: Autor

En la tabla 43, se aprecia que con una TIO como la usada por los bancos consultados en sus CDTs, se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de \$742.447.595

Tabla 44. VPN real y tasa de oportunidad

VPN REAL	TASA OPORTUNIDAD
\$ 742.447.595,77	4,20%

Fuente: Autor

Tabla 45. Ingresos y Egresos, según tasa

INGRESOS	EGRESOS
\$ 1.426.612.000,70	\$ 329.023.165,72
\$ 1.091.842.533,20	\$ 322.695.797,15
\$ 856.863.733,14	\$ 316.607.197,20
\$ 688.409.899,37	\$ 310.744.100,96
\$ 622.126.073,38	\$ 307.893.237,64
\$ 565.119.000,50	\$ 305.094.208,21
\$ 515.845.274,30	\$ 302.345.611,74

Fuente: Autor

Tabla 46. Ingresos menos Egresos

I-E
\$ 1.097.588.834,99
\$ 769.146.736,06
\$ 540.256.535,94
\$ 377.665.798,42
\$ 314.232.835,74
\$ 260.024.792,29
\$ 213.499.662,56

Fuente: Autor

2.5.3 Escenario 3

En la tabla 46, se puede observar el flujo de caja que se generó al realizar la configuración de dispositivos para este escenario.

Para el flujo de caja, se asumió que los egresos se manejaran en términos de la inversión, ya que este sistema no tiene egresos a lo largo del tiempo. Los ahorros obtenidos después de la recuperación de la inversión se manejaran en términos de ingresos.

Este escenario tiene una inversión de \$ 323.499.733 pesos, en la cual no se incluye el precio global de la infraestructura civil, la cual es la inversión más pequeña de los cinco escenarios, esto se debe que la referencia del panel que tenía esta configuración teniendo una de las áreas efectivas mayores, por lo que disminuye aproximadamente a la mitad la cantidad de paneles frente a los demás escenarios. Esta disminución de la cantidad de paneles, se vio directamente evidenciado en una inversión más pequeña, sin alterar la potencia que se genera en el sistema.

Los ahorros o ingresos generados por el sistema, son de \$1.786.245.846 pesos, durante un periodo de 25 años, estos ahorros se empiezan a evidenciar desde el momento que se instala el sistema de abastecimiento, pero solo se empiezan a evidenciar como un ahorro formal al momento donde se recupera la inversión hecha para este. Este es un de los ahorros más grande que se presentan en los escenarios, se puede decir que esta configuración es también rentable al momento de su implementación, pero no es la mejor, ya que a pesar de tener TIR alto, sus ahorros son menores frente al escenario 2.

Tabla 47. Flujo de caja

				TOTAL		
EGRESOS= INVERSION	\$	OPCIONES	Opcion 3	\$ 323.499.733,72		
INGRESOS	\$			\$ 1.786.245.846,55		
INGRESOS - EGRESOS	\$					
ACUMULADO FLUJO DE CAJA	\$					
AÑO	2015	2016	2017	2018	2019	
	\$ 323.499.733,72					
	\$ 40.023.627,91	\$ 42.530.823,96	\$ 44.807.329,35	\$ 47.083.834,75	\$ 49.360.340,15	
	-\$ 283.476.105,81	\$ 42.530.823,96	\$ 44.807.329,35	\$ 47.083.834,75	\$ 49.360.340,15	
	-\$ 283.476.105,81	-\$ 240.945.281,86	-\$ 196.137.952,50	-\$ 149.054.117,75	-\$ 99.693.777,60	
2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
\$ 51.636.845,55	\$ 53.913.350,95	\$ 56.189.856,35	\$ 58.466.361,75	\$ 60.742.867,15	\$ 63.019.372,55	\$ 65.295.877,95
\$ 51.636.845,55	\$ 53.913.350,95	\$ 56.189.856,35	\$ 58.466.361,75	\$ 60.742.867,15	\$ 63.019.372,55	\$ 65.295.877,95
-\$ 48.056.932,04	\$ 5.856.418,91	\$ 62.046.275,26	\$ 120.512.637,01	\$ 181.255.504,16	\$ 244.274.876,71	\$ 309.570.754,65
2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
\$ 67.572.383,35	\$ 69.848.888,75	\$ 72.125.394,14	\$ 74.401.899,54	\$ 76.678.404,94	\$ 78.954.910,34	\$ 81.231.415,74
\$ 67.572.383,35	\$ 69.848.888,75	\$ 72.125.394,14	\$ 74.401.899,54	\$ 76.678.404,94	\$ 78.954.910,34	\$ 81.231.415,74
\$ 377.143.138,00	\$ 446.992.026,75	\$ 519.117.420,89	\$ 593.519.320,43	\$ 670.197.725,38	\$ 749.152.635,72	\$ 830.384.051,46

2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
\$ 83.507.921,14	\$ 85.784.426,54	\$ 88.060.931,94	\$ 90.337.437,34	\$ 92.613.942,74	\$ 94.890.448,14	\$ 97.166.953,54
\$ 83.507.921,14	\$ 85.784.426,54	\$ 88.060.931,94	\$ 90.337.437,34	\$ 92.613.942,74	\$ 94.890.448,14	\$ 97.166.953,54
\$ 913.891.972,60	\$ 999.676.399,14	\$ 1.087.737.331,08	\$ 1.178.074.768,42	\$ 1.270.688.711,16	\$ 1.365.579.159,29	\$ 1.462.746.112,83

Fuente: Autor

En la tabla 47, se puede apreciar la Tasa Interna de Retorno (TIR) para este escenario es del 19%, es la TIR más alta de los cinco escenarios, debido a que la inversión es menor, lo que esta configuración la hace muy rentable para cualquier tipo de negocio con un TIR menor a 19%.

Tabla 48. TIR

TIR
19%

Fuente: Autor

En la tabla 48, se observa que según la TIR de este escenario para negocios con tasas de oportunidad mayores o iguales al 19%, la implementación del sistema no sería rentable, lo cual es muy bueno en términos económicos, ya que muy pocos negocios ofrecen este tipo de tasas.

Tabla 49. VPN y Tasa

VPN	TASA
\$ 1.014.347.932,31	2,0%
\$ 707.995.594,72	4,0%
\$ 494.551.056,23	6,0%
\$ 342.979.115,60	8,0%
\$ 283.862.255,29	9,0%
\$ 233.353.733,45	10,0%
\$ 190.014.387,80	11,0%

Fuente: Autor

En la tabla 49, se aprecia que con una TIO como la usada por los bancos consultados en sus CDTs, se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de \$683.095.350

Tabla 50. VPN real y tasa de oportunidad

VPN REAL	TASA OPORTUNIDAD
\$ 683.095.350,46	4,20%

Fuente: Autor

Tabla 51. Ingresos y Egresos, según tasa

INGRESOS	EGRESOS
\$ 1.331.504.533,99	\$ 317.156.601,69
\$ 1.019.053.030,99	\$ 311.057.436,27
\$ 799.739.484,27	\$ 305.188.428,04
\$ 642.515.906,08	\$ 299.536.790,48
\$ 580.651.001,82	\$ 296.788.746,53
\$ 527.444.400,47	\$ 294.090.667,02
\$ 481.455.589,35	\$ 291.441.201,55

Fuente: Autor

Tabla 52. Ingresos menos Egresos

I-E
\$ 1.014.347.932,31
\$ 707.995.594,72
\$ 494.551.056,23
\$ 342.979.115,60
\$ 283.862.255,29
\$ 233.353.733,45
\$ 190.014.387,80

Fuente: Autor

2.5.4. Escenario 4

En la tabla 52, se puede observar el flujo de caja que se generó al realizar la configuración de dispositivos para este escenario.

Para el flujo de caja, se asumió que los egresos se manejaran en términos de la inversión, ya que este sistema no tiene egresos a lo largo del tiempo. Los ahorros obtenidos después de la recuperación de la inversión se manejaran en términos de ingresos.

Este escenario tiene una inversión considerable de \$ 532.787.427 pesos, en la cual no se incluye el precio global de la infraestructura civil, la cual es una de las inversiones medias frente a los cinco escenarios, esto se debe que la referencia del panel que tenía esta configuración teniendo una de las áreas efectivas mayores, por lo que disminuye aproximadamente la cantidad de paneles frente a los demás escenarios. Esta disminución de la cantidad de paneles, se vio directamente evidenciado en una inversión media.

Los ahorros o ingresos generados por el sistema, son de \$1.913.834.835 pesos, durante un periodo de 25 años, estos ahorros se empiezan a evidenciar desde el momento que se instala el sistema de abastecimiento, pero solo se empiezan a evidenciar como un ahorro formal al momento donde se recupera la inversión hecha para este. Este es un de los ahorros más grande que se presentan en los escenarios, se puede decir que esta configuración es también rentable al momento de su implementación, pero no es la mejor, ya que a pesar de tener TIR alto, sus ahorros son menores frente al escenario 2 y su inversión es aproximadamente el doble que el mejor escenario.

Tabla 53. Flujo de caja

				TOTAL	
EGRESOS= INVERSION	\$	OPCIONES	Opcion 4	\$	532.787.427,47
INGRESOS	\$			\$	1.913.834.835,59
INGRESOS - EGRESOS	\$				
ACUMULADO FLUJO DE CAJA	\$				

AÑO	2015	2016	2017	2018	2019
	\$ 532.787.427,47				
	\$ 42.882.458,47	\$ 45.568.739,95	\$ 48.007.852,88	\$ 50.446.965,81	\$ 52.886.078,74
	-\$ 489.904.969,00	\$ 45.568.739,95	\$ 48.007.852,88	\$ 50.446.965,81	\$ 52.886.078,74
	-\$ 489.904.969,00	-\$ 444.336.229,05	-\$ 396.328.376,17	-\$ 345.881.410,36	-\$ 292.995.331,62

2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
\$ 55.325.191,66	\$ 57.764.304,59	\$ 60.203.417,52	\$ 62.642.530,45	\$ 65.081.643,37	\$ 67.520.756,30	\$ 69.959.869,23
\$ 55.325.191,66	\$ 57.764.304,59	\$ 60.203.417,52	\$ 62.642.530,45	\$ 65.081.643,37	\$ 67.520.756,30	\$ 69.959.869,23
-\$ 237.670.139,96	-\$ 179.905.835,37	-\$ 119.702.417,85	-\$ 57.059.887,40	\$ 8.021.755,97	\$ 75.542.512,27	\$ 145.502.381,50

2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
\$ 72.398.982,16	\$ 74.838.095,08	\$ 77.277.208,01	\$ 79.716.320,94	\$ 82.155.433,87	\$ 84.594.546,80	\$ 87.033.659,72
\$ 72.398.982,16	\$ 74.838.095,08	\$ 77.277.208,01	\$ 79.716.320,94	\$ 82.155.433,87	\$ 84.594.546,80	\$ 87.033.659,72
\$ 242.292.492,94	\$ 317.130.588,02	\$ 394.407.796,03	\$ 474.124.116,97	\$ 556.279.550,84	\$ 640.874.097,64	\$ 727.907.757,36

2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
\$ 89.472.772,65	\$ 91.911.885,58	\$ 94.350.998,51	\$ 96.790.111,43	\$ 99.229.224,36	\$ 101.668.337,29	\$ 104.107.450,22
\$ 89.472.772,65	\$ 91.911.885,58	\$ 94.350.998,51	\$ 96.790.111,43	\$ 99.229.224,36	\$ 101.668.337,29	\$ 104.107.450,22
\$ 817.380.530,01	\$ 909.292.415,59	\$ 1.003.643.414,09	\$ 1.100.433.525,53	\$ 1.199.662.749,89	\$ 1.301.331.087,18	\$ 1.405.438.537,39

Fuente: Autor

En la tabla 53, se puede apreciar la Tasa Interna de Retorno (TIR) para este escenario es del 12%, a pesar de la inversión alta, la TIR muestra que este escenario sigue siendo rentable.

Tabla 54. TIR

TIR
12%

Fuente: Autor

En la tabla 54, se observa que según la TIR de este escenario para negocios con tasas de oportunidad mayores o iguales al 12%, la implementación del sistema no sería rentable, lo cual es muy bueno en términos económicos, ya que muy pocos negocios ofrecen este tipo de tasas.

Tabla 55. VPN y Tasa

VPN	TASA
\$ 904.271.385,54	2,0%
\$ 579.546.929,87	4,0%
\$ 354.234.084,59	6,0%
\$ 195.088.207,27	8,0%
\$ 133.330.268,36	9,0%
\$ 80.766.793,71	10,0%
\$ 35.856.600,90	11,0%

Fuente: Autor

En la tabla 55, se aprecia que con una TIO como la usada por los bancos consultados en sus CDTs, se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de \$553.211.704

Tabla 56. VPN real y tasa de oportunidad

VPN REAL	TASA OPORTUNIDAD
\$ 553.211.704,75	4,20%

Fuente: Autor

Tabla 57. Ingresos y Egresos, según tasa

INGRESOS	EGRESOS
\$ 1.426.612.000,70	\$ 522.340.615,17
\$ 1.091.842.533,20	\$ 512.295.603,34
\$ 856.863.733,14	\$ 502.629.648,56
\$ 688.409.899,37	\$ 493.321.692,10
\$ 622.126.073,38	\$ 488.795.805,02
\$ 565.119.000,50	\$ 484.352.206,79
\$ 515.845.274,30	\$ 479.988.673,40

Fuente: Autor

Tabla 58. Ingresos menos Egresos

I-E
\$ 904.271.385,54
\$ 579.546.929,87
\$ 354.234.084,59
\$ 195.088.207,27
\$ 133.330.268,36
\$ 80.766.793,71
\$ 35.856.600,90

Fuente: Autor

2.5.5 Escenario 5

En la tabla 58, se puede observar el flujo de caja que se generó al realizar la configuración de dispositivos para este escenario.

Para el flujo de caja, se asumió que los egresos se manejaran en términos de la inversión, ya que este sistema no tiene egresos a lo largo del tiempo. Los ahorros obtenidos después de la recuperación de la inversión se manejaran en términos de ingresos.

Este escenario tiene una inversión considerable de \$ 468.185.056 pesos, en la cual no se incluye el precio global de la infraestructura civil, la cual es una de las inversiones medias frente a los cinco escenarios, esto se debe que la referencia del panel que tenía esta configuración teniendo una de las áreas efectivas mayores, por lo que disminuye la cantidad de paneles frente a los demás escenarios. Esta disminución de paneles, se vio directamente evidenciado en una inversión media, sin alterar la potencia que se genera en el sistema.

Los ahorros o ingresos generados por el sistema, son de \$1.913.834.835 pesos, durante un periodo de 25 años, se evidencia que tiene unos ahorros iguales a los de la escenario 4, estos ahorros se empiezan a evidenciar desde el momento que se instala el sistema de abastecimiento, pero solo se empiezan a evidenciar como un ahorro formal al momento donde se recupera la inversión hecha para este. Este es un de los ahorros más grande que se presentan en los escenarios, se puede decir que esta configuración es también rentable al momento de su implementación, pero no es la mejor, ya que a pesar de tener TIR alto, sus ahorros son menores frente al escenario 2 y su inversión es aproximadamente el doble que el mejor escenario.

Tabla 59. Flujo de caja

				TOTAL		
EGRESOS= INVERSION	\$	OPCIONES	Opcion 5	\$ 468.185.056,01		
INGRESOS	\$			\$ 1.913.834.835,59		
INGRESOS - EGRESOS	\$					
ACUMULADO FLUJO DE CAJA	\$					
AÑO	2015	2016	2017	2018	2019	
	\$ 468.185.056,01					
	\$ 42.882.458,47	\$ 45.568.739,95	\$ 48.007.852,88	\$ 50.446.965,81	\$ 52.886.078,74	
	-\$ 425.302.597,54	\$ 45.568.739,95	\$ 48.007.852,88	\$ 50.446.965,81	\$ 52.886.078,74	
	-\$ 425.302.597,54	-\$ 379.733.857,58	-\$ 331.726.004,70	-\$ 281.279.038,89	-\$ 228.392.960,16	
2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
\$ 55.325.191,66	\$ 57.764.304,59	\$ 60.203.417,52	\$ 62.642.530,45	\$ 65.081.643,37	\$ 67.520.756,30	\$ 69.959.869,23
\$ 55.325.191,66	\$ 57.764.304,59	\$ 60.203.417,52	\$ 62.642.530,45	\$ 65.081.643,37	\$ 67.520.756,30	\$ 69.959.869,23
-\$ 173.067.768,50	-\$ 115.303.463,91	-\$ 55.100.046,39	\$ 7.542.484,06	\$ 72.624.127,43	\$ 140.144.883,73	\$ 210.104.752,96
2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
\$ 72.398.982,16	\$ 74.838.095,08	\$ 77.277.208,01	\$ 79.716.320,94	\$ 82.155.433,87	\$ 84.594.546,80	\$ 87.033.659,72
\$ 72.398.982,16	\$ 74.838.095,08	\$ 77.277.208,01	\$ 79.716.320,94	\$ 82.155.433,87	\$ 84.594.546,80	\$ 87.033.659,72
\$ 282.503.735,12	\$ 357.341.830,21	\$ 434.619.038,22	\$ 514.335.359,16	\$ 596.490.793,03	\$ 681.085.339,82	\$ 768.118.999,54
2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
\$ 89.472.772,65	\$ 91.911.885,58	\$ 94.350.998,51	\$ 96.790.111,43	\$ 99.229.224,36	\$ 101.668.337,29	\$ 104.107.450,22
\$ 89.472.772,65	\$ 91.911.885,58	\$ 94.350.998,51	\$ 96.790.111,43	\$ 99.229.224,36	\$ 101.668.337,29	\$ 104.107.450,22
\$ 857.591.772,19	\$ 949.503.657,77	\$ 1.043.854.656,28	\$ 1.140.644.767,71	\$ 1.239.873.992,07	\$ 1.341.542.329,36	\$ 1.445.649.779,58

Fuente: Autor

En la tabla 59, se puede apreciar la Tasa Interna de Retorno (TIR) para este escenario es del 14%, a pesar de la inversión alta, la TIR muestra que este escenario sigue siendo rentable.

Tabla 60. TIR

TIR
14%

Fuente: Autor

En la tabla 60, se observa que según la TIR de este escenario para negocios con tasas de oportunidad mayores o iguales al 14%, la implementación del sistema no sería rentable, lo cual es muy bueno en términos económicos, ya que muy pocos negocios ofrecen este tipo de tasas.

Tabla 61. VPN y Tasa

VPN	TASA
\$ 967.607.043,84	2,0%
\$ 641.664.594,73	4,0%
\$ 415.179.718,04	6,0%
\$ 254.905.217,89	8,0%
\$ 192.598.499,06	9,0%
\$ 139.496.222,32	10,0%
\$ 94.056.935,56	11,0%

Fuente: Autor

En la tabla 55, se aprecia que con una TIO como la usada por los bancos consultados en sus CDTs, se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de \$615.210.141.

Tabla 62. VPN real y tasa de oportunidad

VPN REAL	TASA OPORTUNIDAD
\$ 615.210.141,86	4,20%

Fuente: Autor

Tabla 63. Ingresos y Egresos, según tasa

INGRESOS	EGRESOS
\$ 1.426.612.000,70	\$ 459.004.956,87
\$ 1.091.842.533,20	\$ 450.177.938,47
\$ 856.863.733,14	\$ 441.684.015,10
\$ 688.409.899,37	\$ 433.504.681,49
\$ 622.126.073,38	\$ 429.527.574,32
\$ 565.119.000,50	\$ 425.622.778,19
\$ 515.845.274,30	\$ 421.788.338,74

Fuente: Autor

Tabla 64. Ingresos menos Egresos

I-E
\$ 967.607.043,84
\$ 641.664.594,73
\$ 415.179.718,04
\$ 254.905.217,89
\$ 192.598.499,06
\$ 139.496.222,32
\$ 94.056.935,56

Fuente: Autor

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las siguientes gráficas, se observan los ahorros durante 25 años de cada una de las cinco opciones de combinación de los sistemas solares. Se resalta, que los ingresos del flujo de caja, serán los mismos ahorros, ya que se está generando una disminución considerable del consumo de la energía eléctrica, lo cual, genera un ahorro en el costo de la luz para la Universidad.

Según la gráfica 9, se puede apreciar cómo se va aumentando el ahorro de dinero con el sistema a lo largo del tiempo, durante un periodo de 25 años, esto debido a la proyección de la tarifa eléctrica, que se realizó en capítulos anteriores. Se observa a su vez que en el primer año de uso del sistema se está generando un ahorro de aproximadamente \$ 40.000.000 pesos y para el año 2040 el ahorro sería de aproximadamente \$100.000.000 pesos.

Grafico 9. Ingresos de la opción 1



Fuente: Autor

Según la gráfica 10, se puede apreciar cómo se va aumentando el ahorro de dinero con el sistema a lo largo del tiempo, durante un periodo de 25 años, esto debido a la proyección de la tarifa eléctrica, que se realizó en capítulos anteriores. Se observa a su vez que en el primer año de uso del sistema se está generando un ahorro de aproximadamente más \$ 40.000.000 pesos y para el año 2040 el ahorro sería de aproximadamente más \$100.000.000 pesos.

Grafico 10. Ingresos de la opción 2



Fuente: Autor

Según la gráfica 11, se puede apreciar cómo se va aumentando el ahorro de dinero con el sistema a lo largo del tiempo, durante un periodo de 25 años, esto debido a la proyección de la tarifa eléctrica, que se realizó en capítulos anteriores. Se observa a su vez que en el primer año de uso del sistema se está generando un ahorro de aproximadamente \$ 40.000.000 pesos y para el año 2040 el ahorro sería de aproximadamente \$100.000.000 pesos.

Gráfico 11. Ingresos de la opción 3



Fuente: Autor

Según la gráfica 12, se puede apreciar cómo se va aumentando el ahorro de dinero con el sistema a lo largo del tiempo, durante un periodo de 25 años, esto debido a la proyección de la tarifa eléctrica, que se realizó en capítulos anteriores. Se observa a su vez que en el primer año de uso del sistema se está generando un ahorro de aproximadamente más \$ 40.000.000 pesos y para el año 2040 el ahorro sería de aproximadamente más \$100.000.000 pesos.

Gráfico 12. Ingresos de la opción 4



Fuente: Autor

Según la gráfica 13, se puede apreciar cómo se va aumentando el ahorro de dinero con el sistema a lo largo del tiempo, durante un periodo de 25 años, esto debido a la proyección de la tarifa eléctrica, que se realizó en capítulos anteriores. Se observa a su vez que en el primer año de uso del sistema se está generando un ahorro de aproximadamente más \$ 40.000.000 pesos y para el año 2040 el ahorro sería de aproximadamente más \$100.000.000 pesos.

Grafico 13. Ingresos de la opción 5



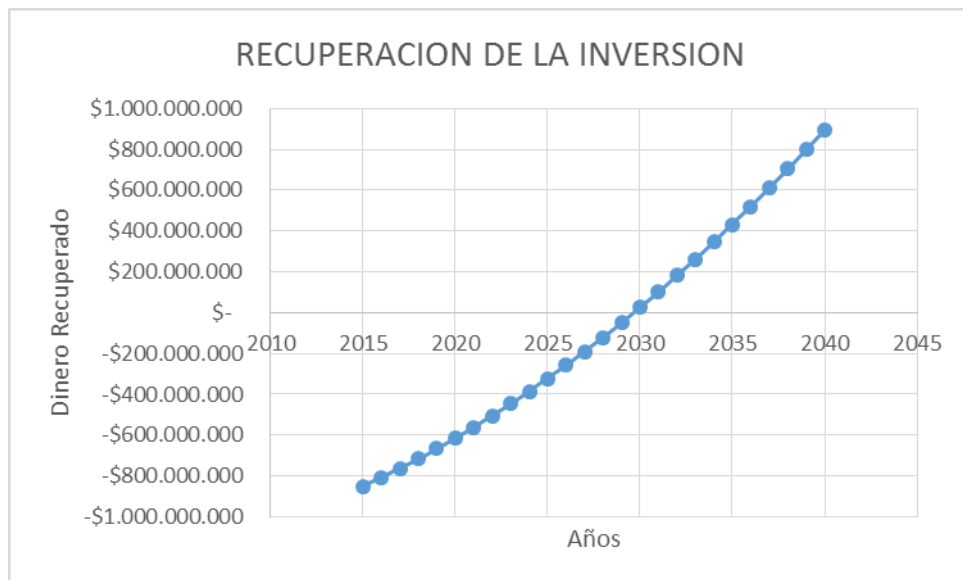
Fuente: Autor

Se puede analizar que en todos los escenarios anteriormente vistos, tienen como relación general, el aumento de sus ahorros a través de los 25 años, esto se debe a que la tarifa eléctrica va aumentando linealmente durante este periodo de tiempo, según la proyección elaborada y explicada en el capítulo de la metodología.

En las siguientes gráficas, se observan la recuperación de la inversión durante 25 años de cada una de las cinco opciones de combinación de los sistemas solares.

En el escenario 1, según la gráfica 14, se puede evidenciar que su periodo de recuperación para la inversión realizada es de 15 años, después de implementado el sistema, es un tiempo de recuperación muy alto y esto se evidencia en el flujo de caja y en la TIR, ya que su inversión es muy alta frente a los demás escenarios, también se puede decir, este es otra razón, por la cual este escenario es el menos rentable en dado caso que se desee implementar el sistema.

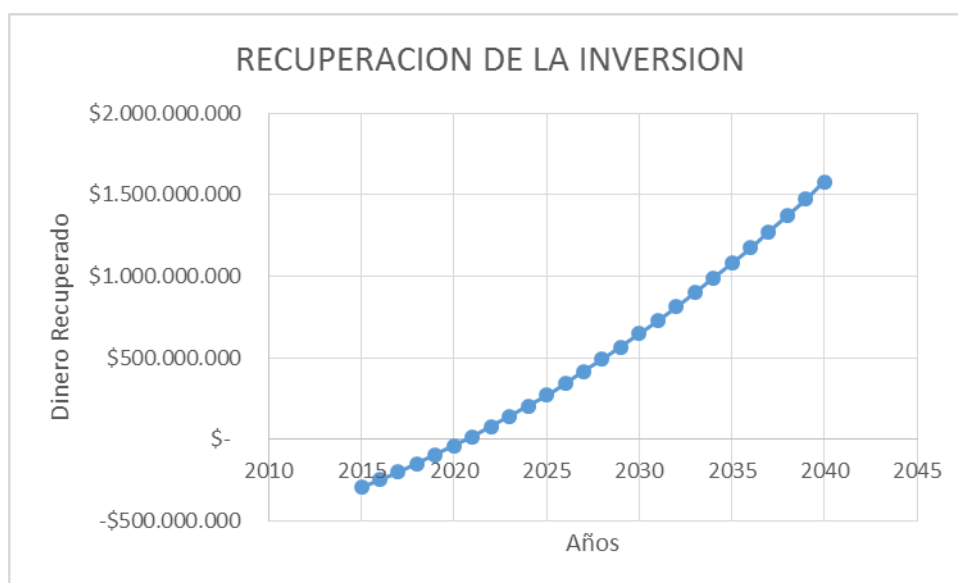
Gráfico 14. Recuperación de la inversión de la opción 1



Fuente: Autor

En el escenario 2, según la gráfica 15, se puede evidenciar que su periodo de recuperación para la inversión realizada es de 6 años, y por consiguiente se tiene mayor tiempo de ahorro durante los 25 años analizados, después de implementado el sistema, es el mejor tiempo de recuperación de todos los escenarios y esto se evidencia en el flujo de caja y en la TIR, ya que su inversión es la más baja frente a los demás escenarios, también se puede decir, este es otra razón, por la cual este escenario es el más rentable en dado caso que se desee implementar el sistema.

Gráfico 15. Recuperación de la inversión de la opción 2



Fuente: Autor

En el escenario 3, según la gráfica 16, se puede evidenciar que su periodo de recuperación para la inversión realizada es de 6 años, el cual es igual al escenario 2, después de implementado el sistema, es un tiempo de recuperación el más bajo y esto se evidencia en el flujo de caja y en la TIR, ya que su inversión es de las más pequeñas comparada con los demás escenarios, también se puede decir, este es otra razón, por la cual este escenario a pesar de tener la misma TIR y el mismo tiempo de recuperación que el mejor escenario, por sus ahorros menores, deja de ser el mejor pero sigue siendo rentable en dado caso que se desee implementar el sistema.

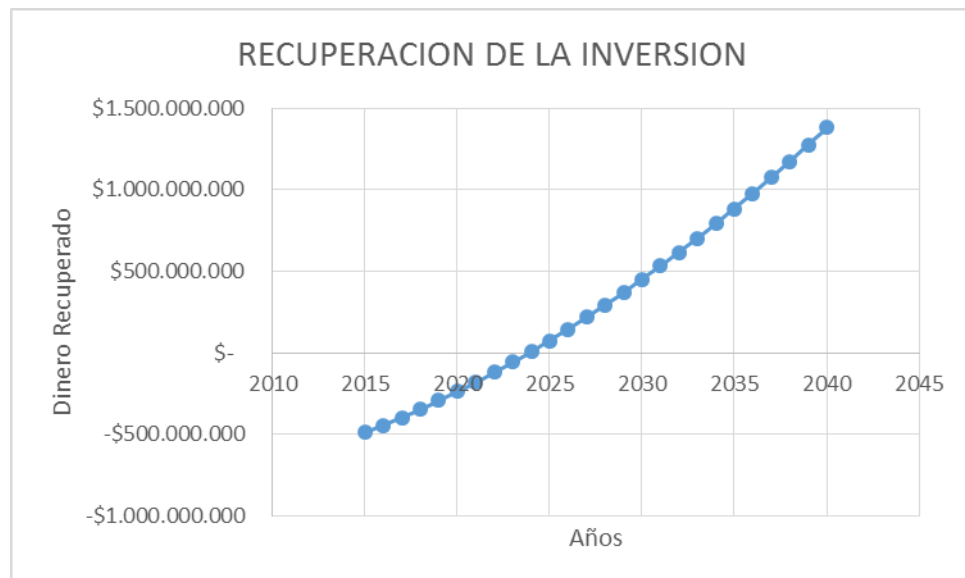
Gráfico 16. Recuperación de la inversión de la opción 3



Fuente: Autor

En el escenario 4, según la gráfica 17, se puede evidenciar que su periodo de recuperación para la inversión realizada es de 9 años, el cual es un tiempo e recuperación medio comparado con los escenarios anteriores, después de implementado el sistema, es un tiempo de recuperación medio y esto se evidencia en el flujo de caja y en la TIR, ya que su inversión es mediana comparada con los demás escenarios, también se puede decir. Este escenario sigue siendo rentable, pero no es de los mejores, ya que se incrementa su tiempo de recuperación, su inversión aumenta y su TIR disminuye.

Gráfico 17. Recuperación de la inversión de la opción 4



Fuente: Autor

En el escenario 5, según la gráfica 18, se puede evidenciar que su periodo de recuperación para la inversión realizada es de 8 años, el cual es un tiempo e recuperación medio comparado con los escenarios anteriores, después de implementado el sistema, es un tiempo de recuperación medio y esto se evidencia en el flujo de caja y en la TIR, ya que su inversión es mediana comparada con los demás escenarios, también se puede decir. Este escenario sigue siendo rentable, pero no es de los mejores, ya que se incrementa su tiempo de recuperación, su inversión aumenta y su TIR disminuye.

Este escenario es muy parecido al escenario inmediatamente anterior, en cuanto a la TIR, los tiempos de recuperación del dinero, su inversión es aproximadamente igual, pero sigue siendo menos rentable frente al mejor escenario.

Gráfico 18. Recuperación de la inversión de la opción 5



Fuente: Autor

En la tabla 64, se aprecia el comparativo que existe entre los diferentes TIR, que se generan en cada uno de los escenarios, con el fin de dar una idea de cuál escenario sería mejor rentable frente a otra opción de negocio.

Tabla 65. TIR para las cinco opciones de sistemas solares

OPCIONES	TIR
1	6%
2	19%
3	19%
4	12%
5	14%

Fuente: Autor

A partir de la observación de los gráficos anteriores, se infiere lo siguiente:

En los cinco casos analizados se observa que los ingresos u ahorros en la factura de la luz durante los 25 años son exponenciales, esto se debe al aumento que tiene la tarifa eléctrica durante dicho periodo.

Dependiendo de cada caso, los ingresos será mayores o menores, dependiendo del número de paneles utilizados y por tanto la potencia que estos pueden llegar a producir anualmente.

En cuanto al análisis hecho, para la recuperación de la inversión, se puede inferir que:

En la opción 1, la inversión de este sistema, se estaría recuperando en el año 2030, esto quiere decir que, 15 años después de haber implementado el sistema, se estaría generando una ganancia económica.

En la opción 2, la inversión de este sistema, se estaría recuperando en el año 2021, esto quiere decir que, 6 años después de haber implementado el sistema, se estaría generando una ganancia económica.

En la opción 3, la inversión de este sistema, se estaría recuperando en el año 2021, esto quiere decir que, 6 años después de haber implementado el sistema, se estaría generando una ganancia económica.

En la opción 4, la inversión de este sistema, se estaría recuperando en el año 2024, esto quiere decir que, 9 años después de haber implementado el sistema, se estaría generando una ganancia económica.

En la opción 5, la inversión de este sistema, se estaría recuperando en el año 2023, esto quiere decir que, 8 años después de haber implementado el sistema, se estaría generando una ganancia económica.

La diferencia de años de retorno de la inversión, para cada una de las opciones, depende exclusivamente de la inversión, la diferencia del valor de cada inversión, se debe al área de los paneles, ya que, a menor área de panel, es mayor la cantidad de paneles que pueden colocarse en la cubierta, y por tanto habrá un mayor costo en estos dispositivos.

La mayor área de panel es de $1,86 \text{ m}^2$ y la menor área es de $1,26 \text{ m}^2$, para estos dos casos extremos, el número de paneles a colocar en la cubierta sería, 403 y 273 paneles respectivamente. Como se observa esta variación en el número de paneles, se verá reflejada directamente en la inversión del sistema.

También se puede apreciar que la TIR, de cada proyecto varía, debido a la inversión que se hace y los ingresos que se tienen para cada opción, esto puede dar un referente para poder analizar la rentabilidad que tiene cada opción solar frente a otro tipo de negocios.

Para este proyecto, la TIR de cada una de las cinco opciones, se comparó con los promedios de las tasas anuales de los CDTs, ofrecidas por los principales bancos de Bucaramanga. El promedio de tasas anuales de los CDTs fue del 4,2 %, esto quiere decir que según estas comparaciones, se puede inferir que:

En la opción 1, se puede observar que la TIR es del 6%, este es el valor más pequeño porcentualmente que tienen las cinco opciones, esto es debido a la inversión tan grande que se debe hacer, especialmente en los paneles solares por su área (explicado anteriormente) esto quiere decir, que si se está pensando en usar esta opción con la configuración de dispositivos que posee, sería más rentable, económicamente hablando, dejar el dinero en un CDT.

En las demás opciones, se observa que la TIR tiene unos valores de 19%, 19%, 12% y 14%, para las opciones 2, 3, 4 y 5, respectivamente. Esto quiere decir que, comparado estos porcentajes con las tasas anuales de los CDTs, es mucho más rentable implementar estos sistemas de abastecimiento de energía por medio de paneles solares, ya que su rentabilidad será mucho mayor y los tiempos de recuperación de la inversión, como se analizó anteriormente, serán cortos.

4. CONCLUSIONES

- El potencial solar de Colombia, está entre los rangos de 1.080 – 2.340 kWh/m²/año, y en la región andina, se puede observar un rango de potencial solar, entre los valores de 1080-1620 kWh/m²/año, lo anterior muestra un buen indicador para la implementación de sistemas de abastecimiento de energía por medio de paneles.
- Desde el punto de vista técnico, la mayor ventaja de este sistema, corresponde a la infraestructura del mismo, debido a que se utiliza la red de distribución eléctrica local. Por lo tanto, su implementación es sencilla, limitándose a la adquisición de los dispositivos electrónicos del sistema, como lo son: los paneles solares y los inversores.
- Los costos asociados al sistema depende exclusivamente de los dispositivos electrónicos que éste necesita. En Bucaramanga y Colombia, como se pudo observar en el presupuesto de inversión, los precios de estos dispositivos pueden variar dependiendo del proveedor, esto se debe a la poca oferta que hay en el mercado de estos sistemas, al tener una mayor masificación de estos en Colombia, la oferta aumentaría, lo cual ayudaría a reducir los costos de los dispositivos y a que estos costos fueran más constantes.
- Desde el punto de vista económico, implementar este tipo de sistema de abastecimiento de energía presenta un comportamiento especial debido a que el consumo de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga es tan alto, que se debe realizar una gran inversión para que el sistema pueda tener unos ingresos anuales altos y por lo tanto un ahorro significativo en la facturación de energía eléctrica, logrando así que esto se pueda ver reflejado en la rentabilidad del negocio.
- Al hacer el análisis de cada uno de los cinco escenarios, con sus respectivas configuraciones de dispositivos electrónicos y sus cantidades, se puede observar que la primera opción, al tener paneles con un área mucho más pequeña que los otros, se deben adquirir mayor cantidad de paneles para ser puestos en las cubiertas, pero este aumento en el número de paneles, no se ve reflejado en la potencia que estos pueden generar anualmente, lo cual, solo tendría una incidencia en el costo de la inversión, generando así que no sea rentable frente al otro negocio con el cual se comparó.
- Al analizar los cinco escenarios, se puede deducir que, aunque los escenarios 2, 3, 4 y 5 son rentables frente al negocio con el cual se compararon , el mejor escenario es el numero dos, esto se debe a que la inversión que se hace en este escenario es una de las más bajas, lo cual genera que el tiempo de retorno de la inversión sea el más corto frente a los demás escenarios, su TIR sea de 19% generando una rentabilidad muy alta frente a otros negocios con

los cuales se quiera comparar y logra las mayores ganancias luego de la recuperación de la inversión.

- Analizando el caso hipotético, se puede inferir que para poder abastecer a la Universidad de energía eléctrica generada de forma renovable y no convencional, se tendría que hacer una inversión muy alta, ya que la cantidad de paneles a usar, aumentaría desmesuradamente, además que se deberían adquirir terrenos para su colocación, por lo tanto la mejor forma de implementar estos sistemas es poco a poco, con inversiones racionales, haciendo pequeños ahorros a la facturación de energía eléctrica.
- Se evidencio que según el panorama tarifario actual, una inversión solar de este tipo, no es una idea que represente un beneficio económico a corto o mediano plazo, a largo plazo puede ser más favorable, ya que si se llegara a presentar un panorama en el cual la energía eléctrica aumente considerable sus tarifas, haría más atractiva la inversión, ya que se generara un mayor ahorro y un mejor beneficio económico.
- Como se observó en el análisis elaborado para este proyecto, la proyección de la tarifa eléctrica, esta no aumenta respecto al IPC, dando a entender que la ESSA usa diferentes parámetros para aumentar o disminuir su tarifa.
- La falta de estudios e incentivos por parte del gobierno, para la implementación sistemas de energías limpias, no se ha permitido aún, que se desarrolle una evolución en este tipo de tecnologías debido a la poca oferta que existe, generando altos costos en las inversiones y poco acogimiento por parte de los usuarios de energía generada tradicionalmente.
- Desde el punto de vista ambiental, este tipo de sistemas genera una contribución positiva a evitar la contaminación de la atmosfera y con esto evitar las incalculables consecuencias para nosotros, ya que se está minimizando la generación de energía eléctrica, por parte de las plantas eléctricas, de forma tradicional, la cual es sumamente perjudicial para el medio ambiente.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar sistemas solares por medio de fases, es decir, que no se implemente inmediatamente un sistema de grandes magnitudes, ya que su inversión sería desmesurada y a medida de que se vaya probando el sistema, ir aumentando las zonas donde este se implemente.
- Se recomienda calibrar los instrumentos de medida de la radiación, como es el piranometro, con el fin de poder tener datos aún más de la radiación en la Universidad, esto con el fin, de tener un análisis técnico y económico aún más exacto.
- Debido a que en el mercado se pueden conseguir diferentes tipos de paneles, según su tipo celda, marca y proveedor, se recomienda tener en cuenta los siguientes parámetros: área, potencia y precio del panel, para poder tener una inversión razonable, con la potencia deseada.
- El sistema analizado es de grandes magnitudes en cuanto potencia y precio, se recomienda que no se realice una estación madre para todo el sistema, sino estaciones independientes, esto ayudaría a que el precio del inversor (el cual está ubicado en las estaciones), no tenga un costo muy elevado y que al momento de hacer algún mantenimiento o tener algún daño, el sistema no deje de funcionar completamente, sino que solo deje de funcionar la sección donde realicen los mantenimientos o donde hayan daños.
- Al querer implementar un sistema de abastecimiento de energía por medio de paneles solares, se recomienda tener presente si en la infraestructura donde se implementará existe una red de distribución de electricidad o si no la hay, con el fin de poder tener en cuenta los demás dispositivos electrónicos asociados con el sistema cuando este es independiente a red.
- En dado caso que la infraestructura no esté construida todavía, se recomienda en la fase de planeación diseñar sistemas de abastecimiento de energía, para que su instalación sea más sencilla y los diseños estructurales tengan en cuenta las cargas que este sistema podría adicionar a la estructura. Además de generar ganancias a largo plazo por la rentabilidad que este negocio posee.
- Se recomienda realizar un mejor sondeo de los proveedores de sistemas solares en Bucaramanga y Colombia, con el fin de poder generar una base de datos con una mayor variedad de dispositivos electrónicos, precios y referencias para ser usados en el sistema, con el fin, de implementar la configuración de dispositivos más eficiente para el consumo requerido.
- Ya que la Universidad posee una gran cantidad de áreas que no son utilizadas, como las referentes a las áreas de cubiertas de los edificios, se recomienda que la Universidad visualice estas áreas para la implementación de sistemas solares, ya que generaría un ahorro económico y su vez sería un

ejemplo para incentivar la construcción y adecuación de obras civiles sostenibles.

- Este trabajo de grado se puede tomar como un punto de partida para futuras investigaciones, donde se puedan analizar más al detalle la implementación de este tipo de sistemas, con su beneficio económico y con datos más exactos, según el posicionamiento geográfico donde se requiera su implementación, siendo estas futuras investigaciones incentivadas por Universidad.

BIBLIOGRAFÍA

ORTEGA RODRIGUEZ, MARIO. (2003) *ENERGIAS RENOVABLES*, SEGUNDA EDICION, ESPAÑA, MADRID: THOMSON PARANINFO.

DE JUANA, JOSE MARIA. (2007), *ENERGIAS RENOVABLES PARA EL DESARROLLO*, PRIMERA EDICION, ESPAÑA, MADRID: THOMSON PARANINFO.

GONZALEZ VELAZCO, JAIME. (2009), *ENERGIAS RENOVABLES*, ESPAÑA: EDITORIAL REVERTÉ.

GUAMAN BRITO, JUAN. *ESTUDIO DE LA DISPOSICIÓN DE CELDAS SOLARES EN PANELES FOTOVOLTAICOS DE 10W PARA ANALIZAR SU EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA*, [en línea], fecha de consulta [31 de septiembre del 2014], disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/7568/Tesis%20I.M.%20209%20-%20Guam%C3%A1n%20Brito%20Juan%20Galo.pdf?sequence=1>

FULA BOHORQUEZ, LEONARDO, *IMPLEMENTACION DE EQUIPO ENERGIA RENOVABLE (SOLAR Y EÓLICO)* UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, ARTICULO ENERGIAS RENOVABLES, [en línea], fecha de consulta [31 de septiembre del 2014], disponible en: [http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/11983/1/articulo%20Copy%20\(1\).pdf](http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/11983/1/articulo%20Copy%20(1).pdf)

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, *ESTUDIO TÉCNICO Y FINANCIERO DE IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES ENFOCADO A CENTROS COMERCIALES [EN LÍNEA]*, FECHA DE CONSULTA [18 DE OCTUBRE DEL 2014], DISPONIBLE EN: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2956/2/132237.pdf>

Solano García, Nicolás Mauricio, *Oferta de energía solar fotovoltaica en el campus de la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, área Metropolitana y la Mesa de los Santos.* -- Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana-Seccional Bucaramanga, 2014

Carrascal Luna, Andrés, Ramírez Durán, Juan José, *Energía solar fotovoltaica ESF.* -- Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana-Seccional Bucaramanga, 2005.

Vargas Ávila, Manuel Ramón, Pimiento Serrano, Nelson Enrique, *Diseño e implementación de un sistema de micro generación Distribuida utilizando energía*

solar fotovoltaica. -- Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana-Seccional Bucaramanga, 2012

Maya Durán, Heizer, Solano Díaz, Luis Adalberto, Diseñar, construir y evaluar un sistema de calentamiento de agua con un arreglo en serie de colectores de placa plana, utilizando la energía solar. -- Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana-Seccional Bucaramanga, 2014

ANEXOS

ANEXO 1: ZONIFICACION CLIMATICA

La zonificación climática de Colombia, hace referencia a la división del territorio del país según regiones que se consideran climáticamente diferentes, esto se debe, a diferentes características, como lo son: el viento, la temperatura, la radiación, entre otras. La principal razón por la cual el territorio está dividido, es para lograr realizar un mejor diseño en las instalaciones.

Figura. Distribución de Colombia según las regiones.



Fuente: SIAC

Tabla. Rango anual de disponibilidad de energía solar por regiones.

REGION	kWh/m ² /año
Guajira	1.980 - 2.340
Costa Atlántica	1.260 – 2.340
Orinoquia	1.440 – 2.160
Amazonia	1.440 – 1.800
Andina	1.080 – 1.620
Costa Pacifica	1.080 – 1.440

Fuente: Atlas De Radiación Solar

ANEXO 2: CASO HIPOTETICO

En este anexo, se analizara un caso hipotético el cual constara de parámetros de referencia como lo son: el consumo de energía eléctrica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, en un periodo de tiempo comprendido entre Enero y Noviembre del 2014 y se tendrá en cuenta las áreas de cada uno de los paneles seleccionados (por medio del método matemático de selección descrito en la metodología).

Para este caso hipotético, se dividirá el consumo mensual de la Universidad en cinco escenarios, lo cual tendrá como resultado el 20%, 40%, 60%, 80% y 100% del consumo mensual de la Universidad en un determinado mes.

Se usaran dos tipos de potencia para los paneles, las cuales son: 250 Watts y 260 Watts y mediante esto se calculara la cantidad de paneles necesarios para suplir el consumo de la Universidad en el 20%, 40%, 60%, 80% y 100%.

En la siguiente tabla, se observara el consumo mensual de energía eléctrica que tuvo la Universidad en el año 2014.

Tabla. Consumo mensual de la Universidad en el año 2014

MES/AÑO 2014	CONSUMO
	Kwh/mes
01-31 Enero	105888
01-28 Febrero	146996
01-31 Marzo	178752
01-30 Abril	164517
01-31 Mayo	172899
01-30 Junio	141854
01-31 Julio	159966
01-31 Agosto	169990
01-31 Septiembre	178066
01-31 Octubre	186621
01-30 Noviembre	157232

Fuente: Servicios Generales del campus

Luego se aprecia el consumo mensual de energía eléctrica de la universidad dividido en los porcentajes hablados anteriormente.

Tabla. División porcentual del consumo mensual de energía eléctrica

MESES	PORCENTAJE	Kwh/MES
	%	
ENERO	20%	21178
	40%	42355
	60%	63533
	80%	84710
	100%	105888
FEBRERO	20%	29399
	40%	58798
	60%	88198
	80%	117597
	100%	146996
MARZO	20%	35750
	40%	71501
	60%	107251
	80%	143002
	100%	178752
ABRIL	20%	32903
	40%	65807
	60%	98710
	80%	131614
	100%	164517
MAYO	20%	34580
	40%	69160
	60%	103739
	80%	138319
	100%	172899
JUNIO	20%	28371
	40%	56742
	60%	85112
	80%	113483
	100%	141854
JULIO	20%	31993
	40%	63986
	60%	95980
	80%	127973
	100%	159966

AGOSTO	20%	33998
	40%	67996
	60%	101994
	80%	135992
	100%	169990
SEPTIEMBRE	20%	35613
	40%	71226
	60%	106840
	80%	142453
	100%	178066
OCTUBRE	20%	37324
	40%	74648
	60%	111973
	80%	149297
	100%	186621
NOVIEMBRE	20%	31446
	40%	62893
	60%	94339
	80%	125786
	100%	157232

Fuente: autor

En esta última tabla, se observa el número de paneles que se necesitan para suplir el consumo eléctrico de la Universidad en los porcentajes dados anteriormente, teniendo como referente paneles con potencias de 250 Watts y 260 Watts.

Tabla. Numero de paneles según la potencia

MESES	%	CANTIDAD DE PANELES		POTENCIA (Watts)
		250 Watts	260 Watts	
ENERO	20%	84710	81452	21178
	40%	169421	162905	42355
	60%	254131	244357	63533
	80%	338842	325809	84710
	100%	423552	407262	105888
FEBRERO	20%	117597	113074	29399
	40%	235194	226148	58798
	60%	352790	339222	88198
	80%	470387	452295	117597
	100%	587984	565369	146996
MARZO	20%	143002	137502	35750
	40%	286003	275003	71501
	60%	429005	412505	107251
	80%	572006	550006	143002
	100%	715008	687508	178752

ABRIL	20%	131614	126552	32903
	40%	263227	253103	65807
	60%	394841	379655	98710
	80%	526454	506206	131614
	100%	658068	632758	164517
MAYO	20%	138319	132999	34580
	40%	276638	265998	69160
	60%	414958	398998	103739
	80%	553277	531997	138319
	100%	691596	664996	172899
JUNIO	20%	113483	109118	28371
	40%	226966	218237	56742
	60%	340450	327355	85112
	80%	453933	436474	113483
	100%	567416	545592	141854
JULIO	20%	127973	123051	31993
	40%	255946	246102	63986
	60%	383918	369152	95980
	80%	511891	492203	127973
	100%	639864	615254	159966
AGOSTO	20%	135992	130762	33998
	40%	271984	261523	67996
	60%	407976	392285	101994
	80%	543968	523046	135992
	100%	679960	653808	169990
SEPTIEMBRE	20%	142453	136974	35613
	40%	284906	273948	71226
	60%	427358	410922	106840
	80%	569811	547895	142453
	100%	712264	684869	178066
OCTUBRE	20%	149297	143555	37324
	40%	298594	287109	74648
	60%	447890	430664	111973
	80%	597187	574218	149297
	100%	746484	717773	186621
NOVIEMBRE	20%	125786	120948	31446
	40%	251571	241895	62893
	60%	377357	362843	94339
	80%	503142	483791	125786
	100%	628928	604738	157232

Fuente: Autor

ANEXO 3: PROYECCION DE LA ELECTRICIDAD

Se pueden observar los datos históricos de la tarifa de energía eléctrica según la ESSA, en los últimos 2 años. Estos datos, fueron sacados de documentos en PDF que se encuentran en la página web de la ESSA, con estos valores, se logró establecer una gráfica que ayudara a la proyección de la tarifa en los próximos 25 años (2040).

Para el análisis se escogió el precio más alto de la tarifa, para hacer una proyección precisa al futuro.

Luego de esta tabla, se evidenciara otra en la cual se observa el precio de la electricidad mensual proyectado a 25 años (2040). Esto se hizo mediante una línea de tendencia lineal.

Tabla. Precios históricos de la tarifa de electricidad ESSA

DATOS HISTORICOS TARIFA DE ELECTRICIDAD \$/KWH														
COMERCIAL/INDUSTRIAL														
OFICIAL														
NIVEL DE MEDIDA	ESSA I	CLIENTE I	II		III		IV		ESSA I	CLIENTE I	II	III	IV	
FECHA	CONTRIB. 20% TARIFA \$/KWH	CONTRIB. 20% TARIFA \$/KWH	CONTRIB. 20% TARIFA \$/KWH	CONTRIB. 20% TARIFA \$/KWH	CONTRIB. 20% TARIFA \$/KWH	CONTRIB. 20% TARIFA \$/KWH	CONTRIB. 20% TARIFA \$/KWH	CONTRIB. 20% TARIFA \$/KWH	TARIFA \$/KWH	TARIFA \$/KWH	TARIFA \$/KWH	TARIFA \$/KWH	TARIFA \$/KWH	
ene-15	\$ 78,53	\$ 471,20	\$ 70,88	\$ 425,30	\$ 65,10	\$ 390,62	\$ 54,15	\$ 324,92	\$ 47,66	\$ 285,94	\$ 392,67	\$ 354,41	\$ 270,77	\$ 238,29
dic-14	\$ 81,95	\$ 491,70	\$ 77,60	\$ 465,59	\$ 68,58	\$ 411,49	\$ 52,70	\$ 316,18	\$ 46,55	\$ 279,27	\$ 409,75	\$ 387,99	\$ 342,91	\$ 232,73
nov-14	\$ 86,83	\$ 520,97	\$ 78,26	\$ 469,58	\$ 71,66	\$ 429,94	\$ 54,86	\$ 329,18	\$ 48,67	\$ 292,04	\$ 434,15	\$ 391,32	\$ 274,32	\$ 243,37
oct-14	\$ 85,13	\$ 510,76	\$ 76,72	\$ 460,37	\$ 70,25	\$ 421,51	\$ 56,16	\$ 336,99	\$ 52,05	\$ 312,29	\$ 425,63	\$ 383,65	\$ 351,26	\$ 260,25
sep-14	\$ 83,46	\$ 500,74	\$ 75,22	\$ 452,35	\$ 68,87	\$ 413,24	\$ 57,78	\$ 346,66	\$ 51,03	\$ 306,17	\$ 417,29	\$ 377,12	\$ 344,37	\$ 255,14
ago-14	\$ 81,82	\$ 490,93	\$ 73,75	\$ 442,50	\$ 67,52	\$ 405,14	\$ 56,64	\$ 339,86	\$ 50,02	\$ 300,17	\$ 409,11	\$ 368,75	\$ 337,62	\$ 260,15
jul-14	\$ 80,22	\$ 481,30	\$ 72,30	\$ 433,82	\$ 66,20	\$ 397,19	\$ 55,53	\$ 333,20	\$ 49,05	\$ 294,28	\$ 401,08	\$ 361,52	\$ 331,00	\$ 245,24
jun-14	\$ 78,64	\$ 471,86	\$ 70,89	\$ 425,31	\$ 64,90	\$ 389,41	\$ 54,44	\$ 326,66	\$ 48,09	\$ 288,51	\$ 393,22	\$ 354,43	\$ 324,51	\$ 240,43
may-14	\$ 77,10	\$ 462,61	\$ 69,50	\$ 416,97	\$ 63,63	\$ 381,77	\$ 53,38	\$ 320,26	\$ 47,14	\$ 282,86	\$ 385,51	\$ 347,48	\$ 318,14	\$ 235,71
abr-14	\$ 75,59	\$ 453,54	\$ 68,13	\$ 408,80	\$ 62,38	\$ 374,29	\$ 52,33	\$ 313,98	\$ 46,22	\$ 277,31	\$ 377,95	\$ 340,66	\$ 311,90	\$ 231,09
mar-14	\$ 76,91	\$ 461,47	\$ 69,58	\$ 417,48	\$ 63,74	\$ 382,43	\$ 53,66	\$ 321,93	\$ 47,78	\$ 286,66	\$ 384,56	\$ 347,90	\$ 318,69	\$ 238,88
feb-14	\$ 74,44	\$ 446,62	\$ 67,19	\$ 403,16	\$ 61,42	\$ 368,53	\$ 50,70	\$ 304,18	\$ 44,71	\$ 268,28	\$ 372,18	\$ 335,97	\$ 307,11	\$ 223,57
ene-14	\$ 74,49	\$ 446,96	\$ 67,30	\$ 403,79	\$ 61,52	\$ 369,12	\$ 50,79	\$ 304,75	\$ 45,04	\$ 270,23	\$ 372,47	\$ 336,49	\$ 307,60	\$ 225,19
dic-13	\$ 72,65	\$ 435,92	\$ 65,47	\$ 393,79	\$ 59,94	\$ 359,66	\$ 49,88	\$ 299,27	\$ 44,17	\$ 265,00	\$ 363,27	\$ 328,33	\$ 299,72	\$ 220,83
nov-13	\$ 74,57	\$ 447,40	\$ 67,36	\$ 404,16	\$ 61,70	\$ 370,20	\$ 51,63	\$ 309,79	\$ 45,61	\$ 273,67	\$ 372,83	\$ 336,80	\$ 308,50	\$ 228,06
oct-13	\$ 74,55	\$ 447,29	\$ 67,29	\$ 403,72	\$ 61,52	\$ 369,11	\$ 51,50	\$ 309,02	\$ 45,27	\$ 271,64	\$ 372,74	\$ 336,43	\$ 307,59	\$ 226,37
sep-13	\$ 76,05	\$ 456,32	\$ 68,78	\$ 412,67	\$ 62,59	\$ 375,57	\$ 51,29	\$ 307,72	\$ 45,33	\$ 271,98	\$ 380,26	\$ 343,89	\$ 312,97	\$ 226,65
ago-13	\$ 77,41	\$ 464,43	\$ 70,13	\$ 420,79	\$ 64,13	\$ 384,79	\$ 53,36	\$ 320,16	\$ 47,56	\$ 285,34	\$ 387,03	\$ 350,66	\$ 320,66	\$ 237,79
jul-13	\$ 73,38	\$ 440,29	\$ 66,11	\$ 396,64	\$ 60,76	\$ 364,55	\$ 51,18	\$ 307,08	\$ 45,38	\$ 272,26	\$ 366,91	\$ 330,54	\$ 303,79	\$ 226,88
jun-13	\$ 74,27	\$ 445,63	\$ 67,01	\$ 402,09	\$ 61,25	\$ 367,48	\$ 50,88	\$ 305,28	\$ 44,73	\$ 269,37	\$ 371,36	\$ 335,07	\$ 306,24	\$ 223,64
may-13	\$ 77,23	\$ 463,36	\$ 69,98	\$ 419,90	\$ 63,83	\$ 382,98	\$ 52,86	\$ 317,15	\$ 46,72	\$ 280,35	\$ 386,14	\$ 349,92	\$ 319,15	\$ 233,62
abr-13	\$ 75,46	\$ 452,75	\$ 68,19	\$ 409,15	\$ 62,48	\$ 374,88	\$ 52,11	\$ 312,68	\$ 46,11	\$ 276,69	\$ 377,29	\$ 340,96	\$ 312,40	\$ 230,57
mar-13	\$ 74,28	\$ 445,68	\$ 67,04	\$ 402,24	\$ 61,61	\$ 369,67	\$ 51,77	\$ 310,60	\$ 45,98	\$ 275,89	\$ 371,40	\$ 335,20	\$ 308,06	\$ 229,90
feb-13	\$ 74,91	\$ 449,47	\$ 67,68	\$ 406,10	\$ 61,92	\$ 371,53	\$ 51,53	\$ 309,16	\$ 45,56	\$ 273,35	\$ 374,56	\$ 338,42	\$ 309,61	\$ 227,79
ene-13	\$ 73,91	\$ 443,44	\$ 66,68	\$ 400,05	\$ 60,93	\$ 365,58	\$ 50,51	\$ 303,07	\$ 44,33	\$ 265,97	\$ 369,53	\$ 333,38	\$ 304,65	\$ 221,64

Tabla. Proyección de la tarifa de electricidad mensual durante 25 años

AÑO	NIVEL DE MEDIDA	MESES	CLIENTE I
	NUMERO DE MES		TARIFA \$/KWH
2013	1	Enero	\$ 333,38
	2	Febrero	\$ 338,42
	3	Marzo	\$ 335,20
	4	Abril	\$ 340,96
	5	Mayo	\$ 349,92
	6	Junio	\$ 335,07
	7	Julio	\$ 330,54
	8	Agosto	\$ 350,66
	9	Septiembre	\$ 343,89
	10	Octubre	\$ 336,43
	11	Noviembre	\$ 336,80
	12	Diciembre	\$ 328,33
2014	13	Enero	\$ 336,49
	14	Febrero	\$ 335,97
	15	Marzo	\$ 347,90
	16	Abril	\$ 340,66
	17	Mayo	\$ 347,48
	18	Junio	\$ 354,43
	19	Julio	\$ 361,52
	20	Agosto	\$ 368,75
	21	Septiembre	\$ 377,12
	22	Octubre	\$ 383,65
	23	Noviembre	\$ 391,32
	24	Diciembre	\$ 387,99
2015	25	Enero	\$ 354,41
	26	Febrero	\$ 363,29
	27	Marzo	\$ 374,64
	28	Abril	\$ 376,44
	29	Mayo	\$ 378,23
	30	Junio	\$ 380,03
	31	Julio	\$ 381,82
	32	Agosto	\$ 383,62
	33	Septiembre	\$ 385,41
	34	Octubre	\$ 387,21
	35	Noviembre	\$ 389,00
	36	Diciembre	\$ 390,80

2016	37	Enero	\$ 392,59
	38	Febrero	\$ 394,39
	39	Marzo	\$ 396,18
	40	Abril	\$ 397,98
	41	Mayo	\$ 399,77
	42	Junio	\$ 401,57
	43	Julio	\$ 403,36
	44	Agosto	\$ 405,16
	45	Septiembre	\$ 406,95
	46	Octubre	\$ 408,75
	47	Noviembre	\$ 410,54
	48	Diciembre	\$ 412,34
2017	49	Enero	\$ 414,13
	50	Febrero	\$ 415,93
	51	Marzo	\$ 417,73
	52	Abril	\$ 419,52
	53	Mayo	\$ 421,32
	54	Junio	\$ 423,11
	55	Julio	\$ 424,91
	56	Agosto	\$ 426,70
	57	Septiembre	\$ 428,50
	58	Octubre	\$ 430,29
	59	Noviembre	\$ 432,09
	60	Diciembre	\$ 433,88
2018	61	Enero	\$ 435,68
	62	Febrero	\$ 437,47
	63	Marzo	\$ 439,27
	64	Abril	\$ 441,06
	65	Mayo	\$ 442,86
	66	Junio	\$ 444,65
	67	Julio	\$ 446,45
	68	Agosto	\$ 448,24
	69	Septiembre	\$ 450,04
	70	Octubre	\$ 451,83
	71	Noviembre	\$ 453,63
	72	Diciembre	\$ 455,42

2019	73	Enero	\$ 457,22
	74	Febrero	\$ 459,01
	75	Marzo	\$ 460,81
	76	Abril	\$ 462,61
	77	Mayo	\$ 464,40
	78	Junio	\$ 466,20
	79	Julio	\$ 467,99
	80	Agosto	\$ 469,79
	81	Septiembre	\$ 471,58
	82	Octubre	\$ 473,38
	83	Noviembre	\$ 475,17
	84	Diciembre	\$ 476,97
2020	85	Enero	\$ 478,76
	86	Febrero	\$ 480,56
	87	Marzo	\$ 482,35
	88	Abril	\$ 484,15
	89	Mayo	\$ 485,94
	90	Junio	\$ 487,74
	91	Julio	\$ 489,53
	92	Agosto	\$ 491,33
	93	Septiembre	\$ 493,12
	94	Octubre	\$ 494,92
	95	Noviembre	\$ 496,71
	96	Diciembre	\$ 498,51
2021	97	Enero	\$ 500,30
	98	Febrero	\$ 502,10
	99	Marzo	\$ 503,89
	100	Abril	\$ 505,69
	101	Mayo	\$ 507,49
	102	Junio	\$ 509,28
	103	Julio	\$ 511,08
	104	Agosto	\$ 512,87
	105	Septiembre	\$ 514,67
	106	Octubre	\$ 516,46
	107	Noviembre	\$ 518,26
	108	Diciembre	\$ 520,05

2022	109	Enero	\$ 521,85
	110	Febrero	\$ 523,64
	111	Marzo	\$ 525,44
	112	Abril	\$ 527,23
	113	Mayo	\$ 529,03
	114	Junio	\$ 530,82
	115	Julio	\$ 532,62
	116	Agosto	\$ 534,41
	117	Septiembre	\$ 536,21
	118	Octubre	\$ 538,00
	119	Noviembre	\$ 539,80
	120	Diciembre	\$ 541,59
2023	121	Enero	\$ 543,39
	122	Febrero	\$ 545,18
	123	Marzo	\$ 546,98
	124	Abril	\$ 548,77
	125	Mayo	\$ 550,57
	126	Junio	\$ 552,37
	127	Julio	\$ 554,16
	128	Agosto	\$ 555,96
	129	Septiembre	\$ 557,75
	130	Octubre	\$ 559,55
	131	Noviembre	\$ 561,34
	132	Diciembre	\$ 563,14
2024	133	Enero	\$ 564,93
	134	Febrero	\$ 566,73
	135	Marzo	\$ 568,52
	136	Abril	\$ 570,32
	137	Mayo	\$ 572,11
	138	Junio	\$ 573,91
	139	Julio	\$ 575,70
	140	Agosto	\$ 577,50
	141	Septiembre	\$ 579,29
	142	Octubre	\$ 581,09
	143	Noviembre	\$ 582,88
	144	Diciembre	\$ 584,68

2025	145	Enero	\$ 586,47
	146	Febrero	\$ 588,27
	147	Marzo	\$ 590,06
	148	Abril	\$ 591,86
	149	Mayo	\$ 593,65
	150	Junio	\$ 595,45
	151	Julio	\$ 597,25
	152	Agosto	\$ 599,04
	153	Septiembre	\$ 600,84
	154	Octubre	\$ 602,63
	155	Noviembre	\$ 604,43
	156	Diciembre	\$ 606,22
2026	157	Enero	\$ 608,02
	158	Febrero	\$ 609,81
	159	Marzo	\$ 611,61
	160	Abril	\$ 613,40
	161	Mayo	\$ 615,20
	162	Junio	\$ 616,99
	163	Julio	\$ 618,79
	164	Agosto	\$ 620,58
	165	Septiembre	\$ 622,38
	166	Octubre	\$ 624,17
	167	Noviembre	\$ 625,97
	168	Diciembre	\$ 627,76
2027	169	Enero	\$ 629,56
	170	Febrero	\$ 631,35
	171	Marzo	\$ 633,15
	172	Abril	\$ 634,94
	173	Mayo	\$ 636,74
	174	Junio	\$ 638,53
	175	Julio	\$ 640,33
	176	Agosto	\$ 642,13
	177	Septiembre	\$ 643,92
	178	Octubre	\$ 645,72
	179	Noviembre	\$ 647,51
	180	Diciembre	\$ 649,31

2028	181	Enero	\$ 651,10
	182	Febrero	\$ 652,90
	183	Marzo	\$ 654,69
	184	Abril	\$ 656,49
	185	Mayo	\$ 658,28
	186	Junio	\$ 660,08
	187	Julio	\$ 661,87
	188	Agosto	\$ 663,67
	189	Septiembre	\$ 665,46
	190	Octubre	\$ 667,26
	191	Noviembre	\$ 669,05
	192	Diciembre	\$ 670,85
2029	193	Enero	\$ 672,64
	194	Febrero	\$ 674,44
	195	Marzo	\$ 676,23
	196	Abril	\$ 678,03
	197	Mayo	\$ 679,82
	198	Junio	\$ 681,62
	199	Julio	\$ 683,41
	200	Agosto	\$ 685,21
	201	Septiembre	\$ 687,01
	202	Octubre	\$ 688,80
	203	Noviembre	\$ 690,60
	204	Diciembre	\$ 692,39
2030	205	Enero	\$ 694,19
	206	Febrero	\$ 695,98
	207	Marzo	\$ 697,78
	208	Abril	\$ 699,57
	209	Mayo	\$ 701,37
	210	Junio	\$ 703,16
	211	Julio	\$ 704,96
	212	Agosto	\$ 706,75
	213	Septiembre	\$ 708,55
	214	Octubre	\$ 710,34
	215	Noviembre	\$ 712,14
	216	Diciembre	\$ 713,93

2031	217	Enero	\$ 715,73
	218	Febrero	\$ 717,52
	219	Marzo	\$ 719,32
	220	Abril	\$ 721,11
	221	Mayo	\$ 722,91
	222	Junio	\$ 724,70
	223	Julio	\$ 726,50
	224	Agosto	\$ 728,29
	225	Septiembre	\$ 730,09
	226	Octubre	\$ 731,89
	227	Noviembre	\$ 733,68
	228	Diciembre	\$ 735,48
2032	229	Enero	\$ 737,27
	230	Febrero	\$ 739,07
	231	Marzo	\$ 740,86
	232	Abril	\$ 742,66
	233	Mayo	\$ 744,45
	234	Junio	\$ 746,25
	235	Julio	\$ 748,04
	236	Agosto	\$ 749,84
	237	Septiembre	\$ 751,63
	238	Octubre	\$ 753,43
	239	Noviembre	\$ 755,22
	240	Diciembre	\$ 757,02
2033	241	Enero	\$ 758,81
	242	Febrero	\$ 760,61
	243	Marzo	\$ 762,40
	244	Abril	\$ 764,20
	245	Mayo	\$ 765,99
	246	Junio	\$ 767,79
	247	Julio	\$ 769,58
	248	Agosto	\$ 771,38
	249	Septiembre	\$ 773,17
	250	Octubre	\$ 774,97
	251	Noviembre	\$ 776,77
	252	Diciembre	\$ 778,56

2034	253	Enero	\$ 780,36
	254	Febrero	\$ 782,15
	255	Marzo	\$ 783,95
	256	Abril	\$ 785,74
	257	Mayo	\$ 787,54
	258	Junio	\$ 789,33
	259	Julio	\$ 791,13
	260	Agosto	\$ 792,92
	261	Septiembre	\$ 794,72
	262	Octubre	\$ 796,51
	263	Noviembre	\$ 798,31
	264	Diciembre	\$ 800,10
2035	265	Enero	\$ 801,90
	266	Febrero	\$ 803,69
	267	Marzo	\$ 805,49
	268	Abril	\$ 807,28
	269	Mayo	\$ 809,08
	270	Junio	\$ 810,87
	271	Julio	\$ 812,67
	272	Agosto	\$ 814,46
	273	Septiembre	\$ 816,26
	274	Octubre	\$ 818,05
	275	Noviembre	\$ 819,85
	276	Diciembre	\$ 821,65
2036	277	Enero	\$ 823,44
	278	Febrero	\$ 825,24
	279	Marzo	\$ 827,03
	280	Abril	\$ 828,83
	281	Mayo	\$ 830,62
	282	Junio	\$ 832,42
	283	Julio	\$ 834,21
	284	Agosto	\$ 836,01
	285	Septiembre	\$ 837,80
	286	Octubre	\$ 839,60
	287	Noviembre	\$ 841,39
	288	Diciembre	\$ 843,19

2037	289	Enero	\$ 844,98
	290	Febrero	\$ 846,78
	291	Marzo	\$ 848,57
	292	Abril	\$ 850,37
	293	Mayo	\$ 852,16
	294	Junio	\$ 853,96
	295	Julio	\$ 855,75
	296	Agosto	\$ 857,55
	297	Septiembre	\$ 859,34
	298	Octubre	\$ 861,14
	299	Noviembre	\$ 862,93
	300	Diciembre	\$ 864,73
2038	301	Enero	\$ 866,53
	302	Febrero	\$ 868,32
	303	Marzo	\$ 870,12
	304	Abril	\$ 871,91
	305	Mayo	\$ 873,71
	306	Junio	\$ 875,50
	307	Julio	\$ 877,30
	308	Agosto	\$ 879,09
	309	Septiembre	\$ 880,89
	310	Octubre	\$ 882,68
	311	Noviembre	\$ 884,48
	312	Diciembre	\$ 886,27
2039	313	Enero	\$ 888,07
	314	Febrero	\$ 889,86
	315	Marzo	\$ 891,66
	316	Abril	\$ 893,45
	317	Mayo	\$ 895,25
	318	Junio	\$ 897,04
	319	Julio	\$ 898,84
	320	Agosto	\$ 900,63
	321	Septiembre	\$ 902,43
	322	Octubre	\$ 904,22
	323	Noviembre	\$ 906,02
	324	Diciembre	\$ 907,81

2040	325	Enero	\$ 909,61
	326	Febrero	\$ 911,41
	327	Marzo	\$ 913,20
	328	Abril	\$ 915,00
	329	Mayo	\$ 916,79
	330	Junio	\$ 918,59
	331	Julio	\$ 920,38
	332	Agosto	\$ 922,18
	333	Septiembre	\$ 923,97
	334	Octubre	\$ 925,77
	335	Noviembre	\$ 927,56
	336	Diciembre	\$ 929,36

Fuente: Autor

ANEXO 4: DISPOSITIVOS DEL SISTEMA CON SUS FICHAS TECNICAS

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar YL250P-29b

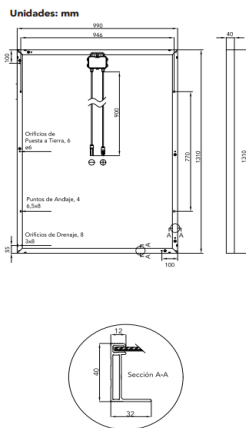
PANEL SOLAR MARCA YINGLI	
Marca	YINGLI
Referencia	YL250P-29b
Proveedor	ERGEA S.A.S
Costo	\$ 986.000,00
Multicristalino	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Rendimiento	16.2%
Potencia de salida	250 Watts
Tolerancia	0/+5 Watts
Eficiencia del modulo	15.3%
Tension (Potencia max)	29,8 Voltios
Intensidad (Potencia max)	8,39 Amperios
Tension del circuito abierto	37,6 Voltios
Intensidad en cortocircuito	8,92 Amperios
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC
Valor maximo de fusible en serie	15 Amperios
Limitacion de corriente en serie	15 Amperios
Rango de temperatura en funcionamiento	-40°C hasta 85°C
Maxima carga elastica frontal (nieve)	5400 Pa
Maxima carga elastica posterior (viento)	2400Pa
Maximo impacto por granizo (Diámetro/velocidad)	25mm / 23m/s

Fotografía del panel



Dimensiones

Unidades: mm



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar MS-P-260W

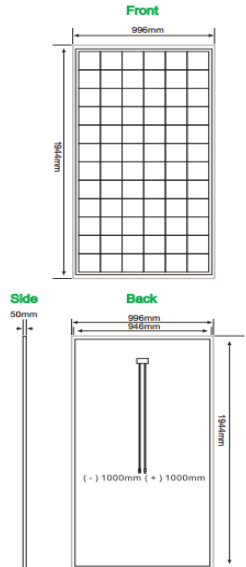
PANEL SOLAR MARCA MACRO-SOLAR	
Marca	MACRO-SOLAR
Referencia	MS-P-260W
Proveedor	INGESOLAR
Costo	\$ 504.000,00
Monocristalino	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Maximo voltaje en punto de poder	46,08 Voltios
Potencia de salida	260 Watts
Corriente de cortocircuito	5,48 Amperios
Maxima corriente en punto de poder	5,21 Amperios
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC
Rango de temperatura en funcionamiento	2°C hasta 47°C
Numero de celdas por modulo	96
Dimensiones de la celda	125*125 mm
Dimensiones del modulo	1572*1064*50 mm
Peso del modulo	21,5 Kilogramos
Tolerancia	3%

Fotografía del panel



Dimensiones

Front



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar SR-175

PANEL SOLAR MARCA SOPRAY

Marca	SOPRAY
Referencia	SR-175
Proveedor	ELECTRO SOLAR COL.
Costo	\$ 1.490.000,00
Monocristalino	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Maxima potencia	175 Watts
Tension en el punto maximo de potencia	36,2 Voltios
Corriente en el punto maximo de potencia	4,85 Amperios
Tension en el circuito abierto	43,9 Voltios
Tension (Potencia max)	29,8 Voltios
Corriente de cortocircuito	5,3 Amperios
Eficiencia	13.7%
Intensidad en cortocircuito	8,92 Amperios
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC
Tolerancia de potencia	3%
Temperatura	45 °C
Rango de temperatura en funcionamiento	-40°C hasta 85°C
Límite de Corriente	15 Amperios
Dimensiones	1580x808x35 mm
Peso	15,5 Kilogramos

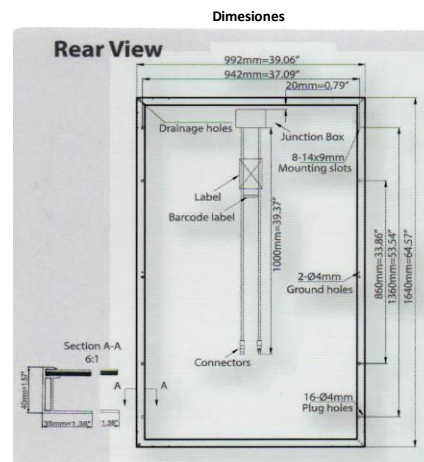


Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar UP-M250P

PANEL SOLAR MARCA UPSOLAR

Marca	UPSOLAR
Referencia	UP-M250P
Proveedor	GREEN ENERGY LATIN AMERICA
Costo	\$ 850.320,00
Monocristalino	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Maxima potencia	250 Watts
Tension en el punto maximo de potencia	30,6 Voltios
Corriente en el punto maximo de potencia	8,17 Amperios
Tension en el circuito abierto	38 Voltios
Modulo de eficiencia	15.4%
Corriente de cortocircuito	8,5 Amperios
Tolerancia de potencia	3%
Valor maximo de fusible en serie	20 Amperios
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC
Peso	19 kilogramos
Temperatura	45 °C
Dimensiones	1649*992*40 mm
Numero de celdas	60



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar SR-120

PANEL SOLAR MARCA SOPRAY

Marca	SOPRAY
Referencia	SR-120
Proveedor	ELECTROSOLAR
Costo	\$ 1.020.000,00
Monocristalino	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Maxima potencia	75 Wastts
Maximo poder de voltaje	17,4 Voltios
Corriente en el punto maximo de potencia	6,9 Amperios
Tension en el circuito abierto	25,65 Voltios
Peso	13,5 Kilogramos
Corriente de cortocircuito	8,4 Amperios
Tolerancia de potencia	3%
Valor maximo de fusible en serie	15 Amperios
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC
Peso	19 kilogramos
Temperatura	40 °C
Dimensiones	1175*805*35 mm
Numero de celdas	50

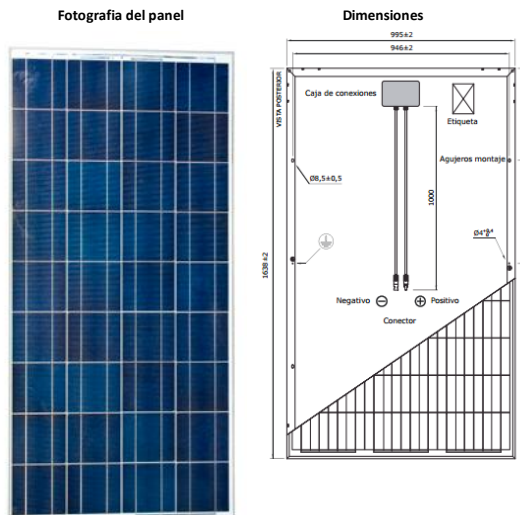


Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar A-250P GSE

PANEL SOLAR MARCA ATERSA OPTIMUM

Marca	ATERSA OTIMUM
Referencia	A-250P GSE
Proveedor	DURESPO
Costo	\$ 597.503,00
Multicristalino	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Maxima potencia	250 Wastts
Tension maxima de potencia	30,58 Voltios
Corriente en el punto maximo de potencia	8,18 Amperios
Tension en el circuito abierto	37,61 Voltios
Peso	18,7 Kilogramos
Corriente de cortocircuito	8,71 Amperios
Tolerancia de potencia	0/+5
Valor maximo de fusible en serie	15 Amperios
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC
Eficiencia del Modulo	15,34%
Temperatura	46 °C
Dimensiones	1638*995*40 mm
Maxima carga elastica frontal(nieve)	5400 Pa
Maxima carga elastica posterior (viento)	2400 Pa
Numero de celdas	60

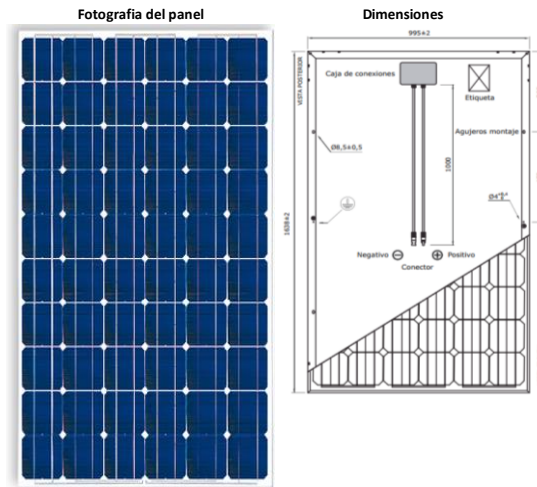


Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar A-260M GSE

PANEL SOLAR MARCA ATERSA OPTIMUM

Marca	ATERSA OTIMUM
Referencia	A-260M GSE
Proveedor	DURESPO
Costo	\$ 820.820,00
Monocristalino	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Maxima potencia	260 Wastts
Tension maxima de potencia	31,8 Voltios
Corriente en el punto maximo de potencia	8,18 Amperios
Tension en el circuito abierto	38,61 Voltios
Peso	18,7 Kilogramos
Corriente de cortocircuito	8,69 Amperios
Tolerancia de potencia	0/+5
Valor maximo de fusible en serie	15 Amperios
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC
Eficiencia del Modulo	15.95%
Temperatura	46 °C
Dimensiones	1638*995*40 mm
Maxima carga elastica frontal(nieve)	5400 Pa
Maxima carga elastica posterior (viento)	2400 Pa
Numero de celdas	60

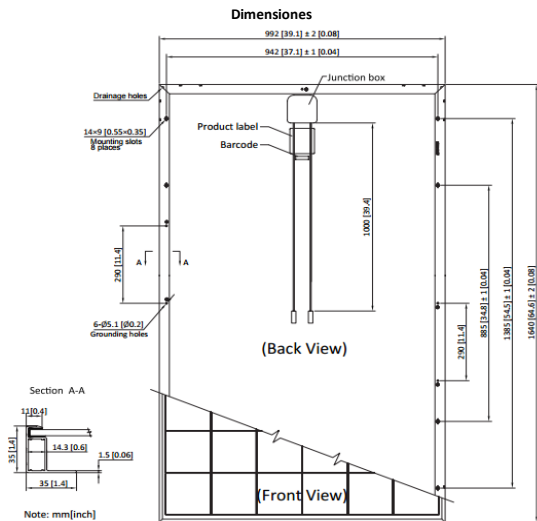


Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar STP 260-20/WEM

PANEL SOLAR MARCA SUNTECH

Marca	SUNTECH
Referencia	STP260-20/Wem
Proveedor	KR SOLAR COLOMBIA S.A.S
Costo	\$ 667.510,00
Monocristalino	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Maxima potencia	260 Wastts
Tension maxima de potencia	30,9 Voltios
Corriente en el punto maximo de potencia	8,42 Amperios
Tension en el circuito abierto	37,7 Voltios
Numero de celdas	60
Corriente de cortocircuito	8,69 Amperios
Tolerancia de potencia	0/+5
Valor maximo de fusible en serie	20 Amperios
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC
Eficiencia del Modulo	16.3%
Temperatura	-40 °C hasta 85°C



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar KD220GH-4FU

PANEL SOLAR MARCA KYOCERA

Marca	KYOCERA	
Referencia	KD220GH-4FU	
Proveedor	KR SOLAR COLOMBIA S.A.S	
Costo	\$	875.420,00
Multicristalino		
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Maxima potencia	220 Wastts	
Tension maxima de potencia	26,6Voltios	
Corriente en el punto maximo de potencia	8,28 Amperios	
Tension en el circuito abierto	33,2 Voltios	
Numero de celdas	54	
Corriente de cortocircuito	8,98 Amperios	
Tolerancia de potencia	5/-3	
Valor maximo de fusible en serie	15 Amperios	
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC	
Eficiencia del Modulo	14,80%	
Temperatura	-40 °C hasta 85°C	
Dimensiones	1500*990*46 milimetros	
Peso	18 Kilogramos	

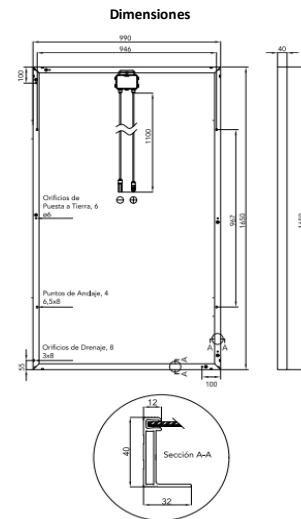


Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Panel Solar YL230P-29b

PANEL SOLAR MARCA YINGLI

Marca	YINGLI	
Referencia	YL230P-29b	
Proveedor	ERGEA S.A.S	
Costo	\$	850.738,00
Multicristalino		
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Rendimiento	16.2%	
Potencia de salida	230 Watts	
Tolerancia	0/+5 Watts	
Eficiencia del modulo	14.1%	
Tension (Potencia max)	29,5 Voltios	
Intensidad (Potencia max)	7,8 Amperios	
Tension del circuito abierto	37,0 Voltios	
Intensidad en cortocircuito	8,40 Amperios	
Maxima tension del sistema	1000 Voltios DC	
Valor maximo de fusible en serie	15 Amperios	
Limitacion de corriente en serie	15 Amperios	
Rango de temperatura en funcionamiento	-40°C hasta 85°C	
Maxima carga elastica frontal (nieve)	5400 Pa	
Maxima carga elastica posterior (viento)	2400Pa	
Maximo impacto por granizo (Diámetro/velocidad)	25mm / 23m/s	



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Inversor IG PLUS 10.0-1

INVERSOR MARCA FRONIUS

Marca	FRONIUS	
Referencia	IG PLUS 10.0-1	
Proveedor	HYBRYTEC	
Costo	\$	12.843.300,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Entrada	Potencia de entrada	8500-11500 Watts
	Pico de tension	600 Voltios
	Rango de Funcionamiento	230-500 Voltios
	Min.Max voltaje inicio	245 Voltios
	Max.DC Corriente de Corto Circuito	46.7Amperios
	Corriente Entrada	27.6 Amperios
Salida	Potencia nominal de salida	9995 Watts
	Corriente de salida	36Amperios
	Frecuencia Nominal	60 Hertz
	Rango de Frecuencia Extendido	59.3-60.5 Hertz
Eficiencia	95.2%	
Dimensiones	134.34*1221.7*243 milimetros	
Peso	37 kilogramos	

Fotografia del inversor



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Inversor IG Plus 12-1

INVERSOR MARCA FRONIUS

Marca	FRONIUS	
Referencia	IG PLUS 12-1	
Proveedor	HYBRYTEC	
Costo	\$	14.473.557,89
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Entrada	Potencia de entrada	10200-13800 Watts
	Pico de tension	600 Voltios
	Rango de Funcionamiento	230-500 Voltios
	Min.Max voltaje inicio	245 Voltios
	Max.DC corriente de corto circuito	56.1Amperios
	Corriente Entrada	33.1 Amperios
Salida	Potencia nominal de salida	12000 Watts
	Corriente de salida	14.4 Amperios
	Frecuencia Nominal	60 Hertz
	Rango de Frecuencia Extendido	59.3-60.5 Hertz
Eficiencia		
Dimensiones	134.34*1221.7*243 milimetros	
Peso	37 kilogramos	

Fotografia del inversor



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Inversor STECA GRID 10.000

INVERSOR MARCA STECA GRID

Marca	Steca Grid	
Referencia	STECA GRID 10.000	
Proveedor	GIMBORN	
Costo	\$	7.140.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Potencia	10000 Watts	
Tension Maxima Inicial	845 Voltios	
Tension Entrada Maxima	845 Voltios	
Tension Minima de Entrada	350 Voltios	
Tension de Salida	320-480 Voltios	
Tension de Salida Nominal	400 Voltios	
Corriente	15 Amperios	
Potencia Maxima de Salida	10300 Watts	
Potencia Nominal	9500 Watts	
Frecuencia Nominal	50 Hertz	
Dimensiones	400*847*225 milimetros	
Peso	42 Kilogramos	

Fotografía del inversor



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Inversor XTR3 18

INVERSOR MARCA ZIGOR

Marca	ZIGOR	
Referencia	XTR3 18	
Proveedor	ZIGOR COLOMBIA	
Costo	\$	24.097.875,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Entrada DC	Potencial Nominal	18000 WATTS
	Tension Nominal DC	640 Voltios
	Maxima Tension	1000 Voltios
	Rango de Operación	300-800 Voltios
Salida de AC	Tension Nominal AC	3X400 Voltios
	Frecuencia Nominal	50/60 Hertz
	Corriente Salida	29 Amperios
	Rendimiento Maximo	97,7%
MEDIDAS		
DIMENSIONES	665*480*220 Milimetros	
Peso	39 Kilogramos	

Fotografía del inversor



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Inversor XTR3 15

INVERSOR MARCA ZIGOR

Marca	ZIGOR	
Referencia	XTR3 15	
Proveedor	ZIGOR COLOMBIA	
Costo	\$ 20.081.550,00	
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Entrada DC	Potencial Nominal	15000 WATTS
	Tension Nominal DC	640 Voltios
	Maxima Tension	1000 Voltios
	Rango de Operación	300-800 Voltios
Salida de AC	Tension Nominal AC	3X400 Voltios
	Frecuencia Nominal	50/60 Hertz
	Corriente Salida	22 Amperios
	Rendimiento Maximo	97,7%
MEDIDAS		
DIMENSIONES	665*480*220 Milimetros	
Peso	39 Kilogramos	

Fotografía del inversor



ZIGOR SOLAR XTR3

Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Inversor XTRR313

INVERSOR MARCA ZIGOR

Marca	ZIGOR	
Referencia	XTR3 13	
Proveedor	ZIGOR COLOMBIA	
Costo	\$ 19.278.300,00	
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Entrada DC	Potencial Nominal	13000 WATTS
	Tension Nominal DC	640 Voltios
	Maxima Tension	1000 Voltios
	Rango de Operación	300-800 Voltios
Salida de AC	Tension Nominal AC	3X400 Voltios
	Frecuencia Nominal	50/60 Hertz
	Corriente Salida	19 Amperios
	Rendimiento Maximo	97,7%
MEDIDAS		
DIMENSIONES	665*480*220 Milimetros	
Peso	39 Kilogramos	

Fotografía del inversor



ZIGOR SOLAR XTR3

Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Inversor XTRR3 13

INVERSOR MARCA ZIGOR

Marca	ZIGOR	
Referencia	XTR3 10	
Proveedor	ZIGOR COLOMBIA	
Costo	\$ 16.868.500,00	
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Entrada DC	Potencial Nominal	10000 WATTS
	Tension Nominal DC	640 Voltios
	Maxima Tension	1000 Voltios
	Rango de Operación	300-800 Voltios
Salida de AC	Tension Nominal AC	3X400 Voltios
	Frecuencia Nominal	50/60 Hertz
	Corriente Salida	14.5 Amperios
	Rendimiento Maximo	97,7%
MEDIDAS		
DIMENSIONES	665*480*220 Milimetros	
Peso	39 Kilogramos	

Fotografía del inversor



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador AS-S203017

REGULADOR DE CARGA MARCA PHOCOS

Marca	PHOCOS	
Referencia	AS-S203017	
Proveedor	AMBIENTE SOLUCIONES	
Costo	\$	780.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS		
Voltaje nominal	12 a 24 Voltios	
Maximo voltaje de entrada	95 Voltios	
Maxima corriente de entrada	300 Watts a 12 V-600Watts a 24 V	
Maxima corriente de carga de bateria	20 Amperios	
Eficacia de la conversion de corriente	97%	
Consumo electrico en posicion de espera	< 30 mW con voltaje de 12 V (< 2 mA)	
	< 80 mW con voltaje de 24 V (< 3 mA)	
Compensacion de temperatura	4 mV/cell.K	
Maximo Grosor del cable	35 milimetros cuadrados	
Dimesiones	185*150*115 milimetros	
Peso	1.6 Kilogramos	
Grados de temperatura	-40°C hasta 50°C	
Tipo de proteccion	IP22	

Fotografía del regulador



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador AS-S203016

REGULADOR DE CARGA MARCA PHOCOS

Marca	PHOCOS
Referencia	AS-S203016
Proveedor	AMBIENTE SOLUCIONES
Costo	\$ 249.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje nominal	12 a 24 Voltios
Maxima carga/corriente de carga	20 Amperios
Carga de flotacion	13.8/27.6 Voltios (25°C)
Carga Principal	14.4/28.8 Voltios (25°C), 30 min(diario)
Eficacia de la conversion de corriente	97%
Carga de boots	14.4/28.8 Voltios (25°C), 2 h. activacion Voltaje de la bateria < 12.3/24.6 Voltios
Corte de tension	11-12 Voltios/22-24Voltios
Proteccion contra bajo voltaje	10.5/21 Voltios
Maximo voltaje del panel	55 Voltios
Peso	1.5 Kilogramos
Grados de temperatura	-40°C hasta 60°C
Tipo de proteccion	IP68
Dimensiones	82*58*20 milimetros
Maximo autoconsuma de energia	5-8 mA de 12 V y 6-10 mA de 24 V

Fotografia del regulador



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador AS-S203010

REGULADOR DE CARGA MARCA PHOCOS

Marca	PHOCOS
Referencia	AS-S203010
Proveedor	AMBIENTE SOLUCIONES
Costo	\$ 341.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje nominal	12 a 24 Voltios
Maxima carga/corriente de carga	20 Amperios
Carga de flotacion	13.7/27.8 Voltios (25°C)
Carga Principal	14.4/28.8 Voltios (25°C)
Eficacia de la conversion de corriente	97%
Carga de boots	14.4/28.8 Voltios (25°C), 2 h. activacion Voltaje de la bateria < 12.3/24.6 Voltios
Corte de tension	11-12 Voltios/22-24Voltios
Proteccion contra bajo voltaje	15.3/31 Voltios
Maximo voltaje del panel	55 Voltios
Peso	1.68 Kilogramos
Grados de temperatura	-40°C hasta 50°C
Tipo de proteccion	IP22
Dimensiones	92*93*38 milimetros
Maximo autoconsuma de energia	< 4 mA

Fotografia del regulador



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador AS-S203003

REGULADOR DE CARGA MARCA PHOCOS

Marca	PHOCOS
Referencia	AS-S203003
Proveedor	AMBIENTE SOLUCIONES
Costo	\$ 162.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje nominal	12 a 24 Voltios
Maxima carga/corriente de carga	14 Amperios
Carga de flotacion	13.7/27.8 Voltios (25°C)
Carga Principal	14.4/28.8 Voltios (25°C), 30 min(diario)
Eficacia de la conversion de corriente	97%
Carga de boots	14.4/28.8 Voltios (25°C), 2 h. activacion Voltaje de la bateria < 12.1/24.2 Voltios
Corte de tension	11.4-11.9 Voltios/22.8-23.8Voltios
Proteccion contra bajo voltaje	15.5/31 Voltios
Maximo voltaje del panel	50 Voltios
Peso	1.6 Kilogramos
Grados de temperatura	-40°C hasta 50°C
Tipo de proteccion	IP22
Dimensiones	80*100*32 milimetros
Maximo autoconsumo de energia	< 4 mA

Fotografia del regulador



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador MPPT15

REGULADOR DE CARGA MARCA INGESOLAR

Marca	INGESOLAR
Referencia	MPPT15
Proveedor	INGESOLAR
Costo	\$ 150.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje nominal	12 a 24 Voltios
Maxima carga/corriente de carga	14 Amperios
Rango de tension de entrada	12V-20V / 24V-40V
Longitud ≤ 1 m caída del bucle de carga	0.25 Voltios
Longitud ≤ 1 m caída del bucle de descarga	0.05 Voltios
Proteccion contra sobretensiones	17V / 34V
Corte total de carga	13.7V / 27.4V
corte de baja tension	10.5V-11V /21V-22V
Temperatura de compensacion	-3mv/°C /cell
Temperatura ambiente	-25°C hasta +55°C
Ninguna perdida de carga	≤10mA
Dimensiones	134*100*31 milimetros

Fotografia del regulador



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador WS-L24430

REGULADOR DE CARGA MARCA WELLSEE

Marca	WELLSEE
Referencia	WS-L2430
Proveedor	INGESOLAR
Costo	\$ 250.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje nominal	12 a 24 Voltios
Maxima carga/corriente de carga	30 Amperios
Corriente de carga maxima	30 Amperios
Corriente de descarga maxima	30 Amperios
Directiva de bajo voltaje	10.8 Voltios/21.6 Voltios
Restauracion de baja tension	11.8 Voltios/23.6 Voltios
Tipo de proteccion	IP22
Disipacion quieta	24mA
Maxima caida de tension de bucle	350 mV
Temperatura ambiente	-25°C hasta +55°C
Peso	7.4 Kilogramos
Dimensiones	193*110*48 milimetros

Fotografia del regulador



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador SCL-30 A

REGULADOR DE CARGA MARCA PWM

Marca	PWM
Referencia	SCL-30A
Proveedor	ACCOLOMBIA
Costo	\$ 70.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje nominal	12 a 24 Voltios
Maxima carga/corriente de carga	30 Amperios
Maximo voltaje del panel	44 Voltios
Diametro del terminal del cable	6 milimetros cuadrados
Proteccion del cortocircuito	1.25 Voltios
Corriente sin carga	≤6mA
Circuito de carga caida de voltaje	≤0.26 Voltios
Carga Caída de tensión del circuito	≤0.15 V
Protección contra sobretensiones	14.8V; x 2/24
Temperatura ambiente	-35°C hasta +55°C
Tensión de carga del alza	14.6V; x 2/24; (Mantener 10 min)
Tensión de carga flotante	13.6V; x 2/24;
Voltaje de carga directo	14.4; x 2/24; (Mantener 10 min)
Sobre voltaje de retorno de descarga	12.6V; x 2/24

Fotografia del regulador



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador CML20

REGULADOR DE CARGA MARCA PHOCOS

Marca	PHOCOS
Referencia	CML20
Proveedor	ERGEA S.A.S
Costo	\$ 1.044.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Maxima corriente de modulos	20 Amperios
Maxima corriente de consumo	20 Amperios
Voltaje nominal del sistema	12/24 Voltios
Autoconsumo	≤ 4 mA
Dimensiones	80*100*32 milimetros
Tipo de proteccion	IP22
Señalización del estado de carga de las baterías mediante 3 LEDs	
Aviso sonoro previo a la desconexión del consumo	
Desconexión por bajo voltaje de baterías, por voltaje o estado de carga	

Fotografia del regulador



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador REFS122430

REGULADOR DE CARGA MARCA REG SOLAR

Marca	REG SOLAR
Referencia	REGS122430
Proveedor	H-D ELECTRONICA
Costo	\$ 90.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje de carga	12 Voltios / 24 Voltios
Capacidad	30 Amperios
Rango de temperatura	25-55°C
Voltaje de proteccion de sobre descarga	11,1 Voltios / 21 Voltios
Voltaje de proteccion de sobre	14,6 Voltios / 27,4 Voltios
Voltaje de Swicheo	12,6 Voltios / 23,6 Voltios
Voltaje de proteccion de sobrecarga	14 Voltios / 28 Voltios

Fotografía del regulador



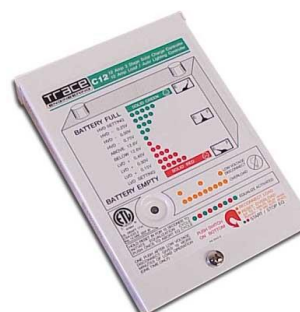
Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Regulador Controlador C12

REGULADOR DE CARGA MARCA XANTREX

Marca	XANTREX
Referencia	CONTROLADOR C12
Proveedor	SOLARPLUS ENERGY
Costo	\$ 276.772,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Amperios FV (máx.)	12 A a 12 VCC solamente
Carga de CC (máx.)	12 A con puesta a cero automática
Voltaje de funcionamiento (mín.)	6 voltios
Caída de tensión - De FV a batería (máx.)	0,3 voltios
Caída de tensión - De la batería a la carga de CC	0,15 voltios
Configuración de regulación	13 a 15 VCC
Valor de compensación	En bruto más 1 V para dos horas
Consumo durante la carga (típica)	0,007 amperios
Consumo con la carga desconectada (típica)	0,003 amperios
Rango de temperatura permitido	0 °C a 40 °C
Peso de la unidad	0,9 kg
Dimensiones	16,5 x 11 x 4 cm

Fotografía del regulador



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Batería AS-S090221

BATERIA MARCA AGM

Marca	AGM
Referencia	AS-S090221
Proveedor	AMBIENTE SOLUCIONES
Costo	\$ 220.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje Nominal	12 Voltios
Amperaje	35 Amperios
Dimensiones	151*65*91 milímetros
Peso	13.7 Kilogramos
Resistencia Interna	Cargada 25°C Aprox. 8.0 mΩ
Tension de carga ciclica	25°C 14.50 a 14.90 Voltios
Corriente de carga maxima	13.5 Amperios
Material de terminal	Cobre
Maxima corriente descarga	450 Amperios a 5segundos

Fotografía de la batería



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Batería AS-S090203

BATERIA MARCA AGM

Marca	AGM
Referencia	AS-S090203
Proveedor	AMBIENTE SOLUCIONES
Costo	\$ 1.300.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje Nominal	12 Voltios
Amperaje	255 Amperios
Dimensiones	521*269*220 milímetros
Peso	78 Kilogramos
Resistencia Interna	Cargada 25°C Aprox 2.6 mΩ
Tension de carga ciclica	25°C 14.50 a 14.90 Voltios
Corriente de carga maxima	75 Amperios
Material de terminal	Cobre
Maxima corriente descarga	200 Amperios a 5 segundos

Fotografia de la bateria



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Batería AS-S090220

BATERIA MARCA AGM

Marca	AGM
Referencia	AS-S090220
Proveedor	AMBIENTE SOLUCIONES
Costo	\$ 478.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje Nominal	12 Voltios
Amperaje	100 Amperios
Dimensiones	330*171*214 milímetros
Peso	32 Kilogramos
Resistencia Interna	cargada 25°C Aprox 4.5 mΩ
Tension de carga ciclica	25°C 14.50 a 14.90 Voltios
Corriente de carga maxima	30 Amperios
Material de terminal	Cobre
Maxima corriente descarga	800 Amperios a 5 segundos

Fotografia de la bateria



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Batería GB 12-200

BATERIA MARCA BOSFA

Marca	BOSFA
Referencia	GB 12-200
Proveedor	INGESOLAR
Costo	\$ 880.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Diseño vida util	8años
CAPACIDAD	
20HR(10.1A,1.75V)	202AH
10HR(20A,1.75V)	200AH
5HR(34A,1.75V)	170AH
1HR(10.1A,1.75V)	126AH
Dimensiones	525*243*220 milímetros
Peso	58 Kilogramos
Resistencia Interna	Carga total 25°C 0.004 Ohmios
VOLTAJE DE CARGA	
20HR(10.1A,1.75V)	14.4-15v(-30mV/°C)max.corriente 50 A
10HR(20A,1.75V)	14.4-15v(-30mV/°C)max.corriente 50A
5HR(34A,1.75V)	13.6-13.8v(-20mV/°C
1HR(10.1A,1.75V)	13.6-13.8v(-20mV/°C

Fotografía de la batería



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Batería GB 12-65

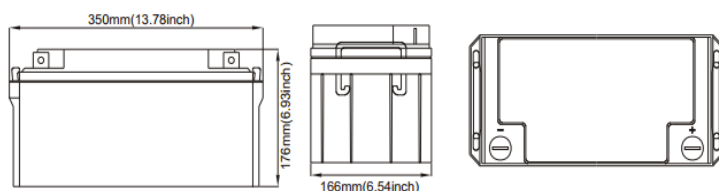
BATERIA MARCA BOSFA

Marca	BOSFA
Referencia	GB 12-65
Proveedor	INGESOLAR
Costo	\$ 410.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Diseño vida util	8años
CAPACIDAD	
20HR(10.1A,1.75V)	66AH
10HR(20A,1.75V)	65AH
5HR(34A,1.75V)	55AH
1HR(10.1A,1.75V)	40AH
Dimensiones	350*166*176 milímetros
Peso	21.6 Kilogramos
Resistencia Interna	Carga total 25°C 0.006 Ohmios
Auto descarga	3% disminucion por mes a 25°C

Fotografía de la batería



Dimensiones de la batería



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Batería AS-S090215

BATERIA MARCA AGM

Marca	AGM
Referencia	AS-S090215
Proveedor	AMBIENTE SOLUCIONES
Costo	\$ 620.000,00
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje Nominal	6 Voltios
Amperaje	225 Amperios
Dimensiones	243*187*253 milímetros
Peso	33 Kilogramos
Resistencia Interna	Cargada 25°C Aprox 3.0mΩ
Tension de carga ciclica	25°C 7.25 a 7.45 Voltios
Corriente de carga maxima	66 Amperios
Material de terminal	Cobre
Maxima corriente descarga	1760 Amperios a 5segundos

Fotografía de la batería



Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica ConectorT3

CONECTORES MARCA TECHNO SUN

Marca	TECHNO SUN
Referencia	Conector T3
Proveedor	TECHNO SUN
Costo	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Corriente de calculo	20A(2.5-4.0mm2)/30A(6.0mm2)
Tension de calculo	1.000 V(IEC/CEI)/600V(UL)
Tension de ensayo	6KV(50Hz,1min)
Resistencia de contacto	<0,5 Ω
Material de contacto	MS estaño
Tipo de contacto	Contacto torneado, laminillas de contacto
Grado de proteccion	IP67
Clase de seguridad	II
Sistema de bloqueo	laminillas de contacto
Fuerza de enchufe	≤50N/≥50Nm
Temperatura limite superior	105° C (IEC/CEI)

Fotografía del conector



CARACTERISTICAS		
Seccion Ømm2	Cubierta exterior Ø mm	Modelo
2.5-4.0	3.2-6.0	conector generico T3 macho
2.5-4.0	3.2-6.0	conector generico T3 hembra
6	6	conector generico T3 macho
6	6	conector generico T3 hembra

Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Conector MC3

CONECTORES MARCA TECHNO SUN

Marca	TECHNO SUN
Referencia	Conector MC3
Proveedor	TECHNO SUN
Costo	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Corriente de calculo	20A(2.5-4.0mm ²)/30A(6.0mm ²)
Tension de calculo	1.000 V (IEC/CEI)/600V(UL)
Tension de ensayo	6Kv(50Hz,1min)
Resistencia de contacto	0,5 mΩ
Material de contacto	MS estaño
Sistema de bloqueo	MC laminillas de contacto

Fotografia del conector



CARACTERISTICAS		
Seccion Ømm ²	Cubierta exterior Ø mm	Modelo
4	4.9-7.1	Multicontac conector MC T3 macho 4mm
4	4.9-7.1	Multicontac conector MC T3 hembra 4mm
6	4.9-7.1	Multicontac conector MC T3 macho 6mm
6	4.9-7.1	Multicontac conector MC T3 hembra 6mm
2.5-4.0-6,0		Multicontac conector MC T3 1 macho 2 hembras paralelo
2.5-4.0-6,0		Multicontac conector MC T3 2 machos 1 hembra paralelo

Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Conector MC

CONECTORES MARCA TECHNO SUN

Marca	TECHNO SUN
Referencia	Conector MC4
Proveedor	TECHNO SUN
Costo	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Corriente de calculo	22A(2.5 mm ²)/30A(4,0-6.0mm ²)
Tension de calculo	1.000v(IEC/CEI)/600V(UL)
Tension de ensayo	6 Kv(50Hz,1min)
Resistencia de contacto	0,5 mΩ
Material de contacto	MS estaño
Material aislante	PC/PA

Fotografia del conector



CARACTERISTICAS		
Seccion Ømm ²	Cubierta exterior Ø mm	Modelo
4,0-6,0	3,0-6,0	Multicontac conector MC T4 macho 4-6mm
4,0-6,0	3,0-6,0	Multicontac conector MC T4 macho 4-6mm

Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Conector T4

CONECTORES MARCA TECHNO SUN

Marca	TECHNO SUN
Referencia	conector T4
Proveedor	TECHNO SUN
Costo	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Corriente de calculo	36A(2.5-4.0mm ²)/45A(6.0mm ²)/52(6,0mm ²)
Contacto de calculo	1.000 V(IEC/CEI)/600V(UL)
Resistencia de contacto	0,25 mΩ
Material de contacto	MS estaño
Grado de proteccion	IP68
Sistema de bloqueo	snap lock

Fotografia del conector



CARACTERISTICAS		
Seccion Ømm ²	Cubierta exterior Ø mm	Modelo
6	4.5-7.8	conector generico T3 macho 6mm
6	4.5-7.8	conector generico T3 hembra 6mm

Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Conector Tyco

CONECTORES MARCA TECHNO SUN

Marca	TECHNO SUN
Referencia	conector Tyco
Proveedor	TECHNO SUN
Costo	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Rigidez dielectrica	1.00 Voltios CC
Conduccion de la corriente	hasta 25 Voltios
Clase de proteccion	II
Resistencia de contacto	0,25 mΩ
Grado de proteccion	IP67
Tecnologia	conector de crimpado

Fotografia del conector



CARACTERISTICAS		
Seccion Ømm ²	Cubierta exterior Ø mm	Modelo
6	4.5-6,9	conector Tyco macho (+) 6mm
6	4.5-6,9	conector Tyco macho (-) 6mm
6	4.5-6,9	conector Tyco hembra (+) 6mm
6	4.5-6,9	conector Tyco hembra (-) 6mm
6	4.5-6,9	conector Tyco hembra neutral 6mm

Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Conector Radox

CONECTORES MARCA TECHNO SUN

Marca	TECHNO SUN
Referencia	conector Radox
Proveedor	TECHNO SUN
Costo	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Tension de calculo	1.000 V (IEC/CEI)/600V(UL)
Resistencia de contacto	4,0 mΩ
Clase de proteccion	II
Material de contacto	Latón estaño
Fuerza de extraccion concetado	55 Newton

Fotografía del conector



CARACTERISTICAS		
Seccion Ømm2	Cubierta exterior Ø mm	Modelo
4	5,8	conector H&S Radox macho 4mm cierre giratorio
4	5,8	conector H&S Radox hembra 4mm cierre giratorio
6	6,9	conector H&S Radox macho 6mm cierre giratorio
6	6,9	conector H&S Radox hembra 4mm cierre giratorio

Fuente: Autor

Tabla. Ficha Técnica Cable Instalación

CABLES PARA LA INSTALACION

DESCRIPCION	
Son cables especiales para las instalaciones fotovoltaicas aisladas o conectadas a la red cumplen con con las normas DKE. Estan libres de halogenos, con doble aislamiento, de reticulacion quimica y resistentes a la radiacion UV.	
DATOS TECNICOS	
Rango de temperatura dinamico	- 25 hasta 125 ° C
	-50 hasta 150 ° C
Tension nominal	600/1000 Voltios
Voltaje alternativo de ensayo	5000 Voltios, 550 Hertz
Radio minimo de curvatura dinamico	Aproximadamente 10*φ cable
Radio minimo de curvatura estatico	Aproximadamente 5*φ cable
Filamento	Cobre estañado
A prueba de corto circuito hasta los 200 ° C	



CARACTERISTICAS					
No. De conductores por seccion (mm2)	Diametro (mm)	Modelo, seccion y características de temperatura	Cantidad de cobre (Kg/Km)	Peso (Kg)	Referencia
1*4	5.2	Cable solar 4 mm, -40/+120+UV 0.6/1 KV	38.4	59	59012002
1*6	5.9	Cable solar 6 mm, -40/+120+UV 0.6/1 KV	57.6	81	59012001

OTRAS CARACTERISTICAS			
Seccion de cable	Modelo	Color	Referencia
2.5 mm	2.5 mm Bobina cable solar 500 m	Negro	59011010
4 mm	4 mm Bobina cable solar 1000 m	Negro	59013009
4 mm	4 mm Bobina cable solar 500 m	Negro	59013004
6 mm	6 mm Bobina cable solar 500 m	Negro	59013003
6 mm	6 mm Bobina cable solar 500 m	Rojo	59013007
10 mm	10 mm Bobina cable solar 500 m	Negro	59013005

Fuente: Autor

