

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:
DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CENTRO DE
EDUCACION PERMANENTE “SAN BARTOLO”**

**AUTOR:
JUAN DANIEL GARCÍA CORNEJO**

**TUTOR:
JORGE PAÚL MUÑOZ PILCO**

Quito, julio del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Juan Daniel García Cornejo, con documento de identificación N° 1723187033, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: “Diseño de un sistema fotovoltaico para el Centro de Educación Permanente San Bartolo”, el mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Juan Daniel García Cornejo
CI. 1723187033

Quito, julio del 2020.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, Jorge Paúl Muñoz Pilco, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico: **“Diseño de un sistema fotovoltaico para el Centro de Educación Permanente San Bartolo”**, realizado por Juan Daniel García Cornejo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.



Jorge Paúl Muñoz Pilco

C.I. 1719006189

Quito, julio de 2020.

DEDICATORIA

A mi padre, Nelson Hernán García Madril, madre, Flor Piedad Cornejo Tapia y hermano, Hernán Gustavo García Cornejo quienes con su apoyo e infinito amor jamás perdieron la fe en mí y siempre le pedían fuerzas a Dios para darme la paciencia para continuar sin desmayar en esta larga travesía que hoy finaliza.

Juan Daniel García Cornejo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fortaleza en los momentos más difíciles, dándome los mejores padres del mundo.

A mis padres que son ejemplo de perseverancia, amor y responsabilidad, quienes me han enseñado el significado y la importancia de todo aquello que hoy forma parte de mi ser.

Al Centro de Educación Permanente “San Bartolo” por ofrecerme la oportunidad de realizar este proyecto, pero sobre todo por su comprensión y tolerancia.

A mis estimados docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes durante todos los semestres compartieron conmigo sus conocimientos y enseñanzas profesionales; pero en especial un agradecimiento al Msc. Paul Muñoz quien me guio y brindó su apoyo para realizar este proyecto, el cual es una inspiración humana y profesional para mi persona.

Juan Daniel García Cornejo

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Importancia y Alcances	1
1.3 Delimitación del Problema.....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Sistemas Eólicos - Turbinas Eólicas	4
2.2 Velocidad del Viento en Quito.....	4
2.3 Imposibilidad de un Sistema Eólico en el C.E.P.S.B	5
2.4 Sistemas Fotovoltaicos Características Generales	6
2.5 Irradiancia Solar	6
2.6 Irradiación	6
2.7 Insolación	6
2.8 Hora Solar Pico (HSP)	6
2.9 Panel fotovoltaico.....	6
2.10 Tecnologías en paneles fotovoltaicos	7
2.11 Punto Máximo de Potencia MPP o MPPT	8
2.12 Sistema de almacenamiento.....	10
2.13 Regulador de carga	10
2.14 Inversores.....	11
2.15 Demanda energética.....	12
2.16 Carga eléctrica	12
2.17 Sistema fotovoltaico aislado a la red (A.R).....	12
2.18 Sistema fotovoltaico conectado a la red (C.R)	13

2.19	Cálculo de la Hora Solar Pico (HSP).....	13
2.20	Inclinación Óptima Anual para Quito.....	15
2.21	Rendimiento Global PV para un Sistema A.R.....	15
2.22	Dimensionamiento de Paneles Solares para el Sistema A.R	16
2.23	Dimensionamiento del Regulador Carga.....	19
2.24	Dimensionamiento del Banco de Baterías	20
2.25	Dimensionamiento del Inversor.....	22
2.26	Dimensionamiento de Cables	22
2.27	Separación Considerada entre Paneles	23
2.28	Dimensionamiento por Áreas mediante simulación de Revit.....	25
2.29	Análisis de diseño, Sistema C.R para las zonas del C.E.P.S.B.	26
2.30	Dimensionamiento de paneles solares para un sistema C.R.....	26
2.31	Dimensionamiento del Periodo de Rembolso.....	28
CAPÍTULO III.....		30
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS		30
3.1	Selección de alternativas	30
3.2	Forma de selección	30
3.3	Análisis de Factibilidad de Diseño para la selección del PV	30
3.4	Factibilidad de Diseño para la selección del Sistema de Generación Eólica.....	31
CAPÍTULO IV.....		32
METODOLOGÍA DE DISEÑO		32
4.1	HSP para la zona de Quito	32
4.2	Análisis del diseño de un sistema A.R por zonas (Estudio de Carga).....	35
4.3	Rendimiento Global	37
4.4	Análisis de paneles, inclinación de 0° para un Sistema A.R.....	38
4.5	Análisis de paneles, inclinación de 11° para un Sistema A.R.....	39

4.6	Análisis de paneles, inclinación de 20°, para un Sistema A.R	39
4.7	Análisis del regulador de Carga, inclinación de paneles a 0°	40
4.8	Análisis del regulador de Carga, inclinación de paneles a 11°	40
4.9	Análisis del regulador de Carga, inclinación de paneles a 20°	41
4.10	Análisis del Banco de Baterías del Auditorio	41
4.11	Análisis del Banco de Baterías del Administrativo – Aulas	42
4.12	Análisis del Banco de Baterías del Taller Artesanal.....	43
4.13	Cálculo del Banco de Baterías del Comunitario	44
4.14	Cálculo del Inversor del Auditorio.	44
4.15	Cálculo del Inversor del Administrativo – Aulas	45
4.16	Cálculo del Inversor del Taller Artesanal	45
4.17	Cálculo del Inversor del Comunitario.....	46
4.18	Análisis de la sección del cable, inclinación 0° para un Sistema A.R.....	46
4.19	Análisis de la sección del cable inclinación 11° para un Sistema A.R....	47
4.20	Análisis de la sección del cable, inclinación 20° para un Sistema A.R...	48
4.21	Análisis de la separación entre paneles Mono. 350Wp	49
4.22	Análisis de la separación entre paneles Poli. 200Wp	49
4.23	Análisis de la separación entre paneles Poli. 275Wp	50
4.24	Cálculo por Áreas, Simulación de Revit.....	50
4.25	Comparativa Revit / Estudio de Carga Auditorio (Mono. 350Wp/A.R) .	51
4.26	Comparativa Revit / Estudio de Carga Auditorio (Poli. 200Wp/A.R)	52
4.27	Comparativa Revit / Estudio de Carga Talleres (Mono. 350Wp/A.R)....	53
4.28	Comparativa Revit / Estudio de Carga Talleres (Poli. 200Wp/A.R).....	54
4.29	Comparativa Revit / Estudio de Carga Admin. (Mono. 350Wp/A.R).....	55
4.30	Comparativa Revit / Estudio de Carga Admin. (Poli. 200Wp/A.R).....	56
4.31	Comparativa Revit / Estudio de Carga Comu. (Mono. 350Wp/A.R).....	57
4.32	Comparativa Revit / Estudio de Carga Comu. (Poli. 200Wp/A.R).....	58

4.33	Análisis de paneles para un sistema C.R, inclinación de 0°	59
4.34	Análisis de paneles para un sistema C.R, inclinación de 11°	60
4.35	Análisis de paneles para un sistema C.R, inclinación de 20°	61
4.36	Comparativa Revit / Estudio de Carga Auditorio (Mono. 350Wp/C.R) .	62
4.37	Comparativa Revit / Estudio de Carga Auditorio (Poli. 275Wp/C.R).....	63
4.38	Comparativa Revit / Estudio de Carga Talleres (Mono. 350Wp/C.R)	64
4.39	Comparativa Revit / Estudio de Carga Talleres (Poli. 275Wp/C.R)	65
4.40	Comparativa Revit / Estudio de Carga Admin. (Mono. 350Wp/C.R).....	66
4.41	Comparativa Revit / Estudio de Carga Admin. (Poli. 275Wp/C.R).....	67
4.42	Comparativa Revit / Estudio de Carga Comu. (Mono. 350Wp/C.R)	68
4.43	Comparativa Revit / Estudio de Carga Comu. (Poli. 275Wp/C.R)	69
4.44	Análisis de Resultados, Sistema C.R y A.R dentro del C.E.P.S.B.	69
4.45	Análisis de un sistema C.R carga lumínica total	70
4.46	Consumo de Carga de Luminarias.....	70
4.47	Análisis de paneles a 0°, 11° y 20° carga lumínica total	71
4.48	Análisis de paneles a 0°, 11° y 20° luminarias (Auditorio -Comu.).....	71
4.49	Análisis de paneles a 0°, 11° y 20° para las luminarias (Taller -Admin).	72
4.50	Dimensionamiento del inversor carga lumínica total	72
4.51	Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Total (Mono. 350Wp/C.R).....	73
4.52	Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Total (Poli. 275Wp/C.R).....	74
4.53	Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Auditorio - Comunitario (Mono. 350Wp/C.R).....	75
4.54	Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Auditorio - Comunitario (Poli. 275Wp/C.R).....	76
4.55	Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Taller – Administrativo (Mono. 375Wp/C.R).....	77

4.56	Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Taller – Administrativo (Poli. 275Wp/C.R)	78
4.57	Selección de diseños finales C.E.P.S.B	79
4.58	Diseño de un sistema PV C.R carga lumínica del Comunitario	79
4.59	Diseño de un sistema PV C.R carga lumínica del Auditorio.....	82
4.60	Dimensionamiento de protecciones de los diseños finales	85
4.61	Esquema de conexiones para un sistema PV C.R, carga lumínica Auditorio - Comunitario	85
CAPÍTULO V		88
COSTOS		88
5.1	Análisis del costo de instalación de un sistema A.R	88
5.2	Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, Sistema A.R	88
5.3	Análisis de costos, paneles a una inclinación de 11°, Sistema A.R	90
5.4	Análisis de costos, paneles a una inclinación de 20°, Sistema A.R	92
5.5	Análisis del costo de instalación de un sistema C.R	93
5.6	Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, Sistema C.R.....	93
5.7	Análisis de costos paneles a una inclinación de 11° , Sistema C.R.....	95
5.8	Análisis de costos, paneles a una inclinación de 20°, Sistema C.R.....	96
5.9	Análisis del costo de instalación de un sistema C.R Carga lumínica - combinación zonas	97
5.10	Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20° para un sistema C.R, Carga lumínica total.....	98
5.11	Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20°, Sistema C.R, Carga lumínica Auditorio- Comunitario	99
5.12	Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20°, Sistema C.R, Carga lumínica Talleres- Administrativo.....	100
5.13	Análisis de costos con paneles a una inclinación de 11°, Sistema CR, carga lumínica Comunitario.....	101

5.14	Análisis de costos de mano de obra para el diseño del Comunitario.....	101
5.15	Análisis de costos sin desglosar para el diseño del Comunitario	101
5.16	Análisis de reembolso y costo del kW/h, diseño del Comunitario	102
5.17	Análisis de costos, paneles a una inclinación de 11°, Sistema C.R, Carga lumínica del Auditorio	102
5.18	Análisis de costos de mano de obra para el diseño que considera la carga lumínica del Auditorio	102
5.19	Análisis de costos sin desglosar para el diseño del Auditorio	103
5.20	Análisis de reembolso y costo del kW/h para el diseño del Auditorio ..	103
CONCLUSIONES		104
RECOMENDACIONES		105
REFERENCIAS.....		106
ANEXOS.....		109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del C.E.P.S.B.....	3
Figura 2. Aerogenerador de 180 W.....	4
Figura 3. (a) Panel Monocristalino 350 W – (b) Panel Policristalino 275 W	8
Figura 4. Curva Característica (V - I).	9
Figura 5. Curva Característica (P - V).	9
Figura 6. Curva Característica MPP.....	10
Figura 7. Batería de gel para paneles fotovoltaicos.	10
Figura 8. Regulador de carga.	11
Figura 9. Inversor.....	12
Figura 10. Esquema de un sistema fotovoltaico A.R.	12
Figura 11. Esquema de un sistema fotovoltaico C.R	13
Figura 12. Esquema para el cálculo de la separación entre los paneles.	25
Figura 13. HSP promedio de Quito, inclinación de 0°, 11° y 20°.	34
Figura 14. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Auditorio (Mono.350Wp). A.R.....	51
Figura 15. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Auditorio (Poli.200Wp). A.R.....	53
Figura 16. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Talleres (Mono.375Wp). A.R	54
Figura 17. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Talleres (Poli.200Wp). A.R.....	55
Figura 18. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Admin. (Mono.350Wp). A.R	56
Figura 19. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Admin. (Poli.200Wp). A.R	57
Figura 20. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Comunitario (Mono.350Wp). A.R	58
Figura 21. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Comunitario (Poli.200Wp). A.R	59
Figura 22. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Auditorio (Mono.350Wp). C.R.....	62
Figura 23. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Auditorio (Poli.275Wp). C.R.....	63
Figura 24. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Talleres (Mono.350Wp). C.R.....	64
Figura 25. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Talleres (Poli.275Wp). C.R.....	65
Figura 26. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Admin. (Mono.350Wp). C.R	66
Figura 27. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Admin. (Poli.275Wp). C.R	67
Figura 28. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Comunitario (Mono.350Wp). C.R	68
Figura 29. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Comunitario (Poli.275Wp). C.R	69
Figura 30. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica (Mono.350Wp). C.R.	74
Figura 31. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica (Poli.275Wp). C.R	75

Figura 32. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica Auditorio-Comu. (Mono.350Wp). C.R	76
Figura 33. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica Auditorio – Comu. (Poli.275Wp). C.R	77
Figura 34. (a) Cantidad paneles (b) P. instalada. Carga lumínica Taller – Admin. (Mono.350Wp). C.R	78
Figura 35. (a) Cantidad paneles (b) P. instalada. Carga lumínica Taller – Admin. (Poli.275Wp). C.R	79
Figura 36. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica Comu. (Mono.350Wp). C.R. (Diseño Final)	82
Figura 37. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica Auditorio (Mono.350Wp). C.R (Diseño Final)	85
Figura 38. Esquema de conexiones carga lumínica del Comunitario.	86
Figura 39. Esquema de conexiones carga lumínica del Auditorio.	87
Figura 40. Costos, (Mono.350Wp – Poli.200Wp), inclinación 0°, Sistema aislado A.R	90
Figura 41. Costos, (Mono.350Wp – Poli.200Wp), inclinación 11°, Sistema A.R.	91
Figura 42. Costos, (Mono.350Wp – Poli.200Wp), inclinación 20°, Sistema A.R.	93
Figura 43. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 0°, Sistema C.R.	95
Figura 44. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 11°, Sistema C.R.	96
Figura 45. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 20°, Sistema C.R.	97
Figura 46. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 0°, 11° y 20°, (Carga Lumínica Total), Sistema C.R.	98
Figura 47. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 0°, 11° y 20°, (Carga Lumínica Auditorio - Comunitario), Sistema C.R.	99
Figura 48. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 0°, 11° y 20°, (Carga Lumínica Talleres - Administrativo Aulas), Sistema C.R.	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Velocidad del Viento Promedio en Quito.....	5
Tabla 2. Rangos de eficiencia PV.	8
Tabla 3. Insolación Promedio en Ecuador	13
Tabla 4. Insolación Promedio en Quito.....	14
Tabla 5. Coeficientes de corrección	14
Tabla 6. Coeficientes de Rendimiento Global	16
Tabla 7. Características Panel Monocristalino 350Wp (Caso 1)	17
Tabla 8. Características Panel Policristalino 200Wp (Caso 2)	17
Tabla 9. Características Batería de Gel 150 Ah	21
Tabla 10. Características Batería de Gel 55Ah	21
Tabla 11. Características Batería de Gel 7Ah	21
Tabla 12. Características Panel Policristalino 275Wp (Caso 2)	26
Tabla 13. Factibilidad de diseño para la selección del sistema PV.....	30
Tabla 14. Factibilidad de diseño para la selección del sistema eólico	31
Tabla 15. HSP promedio de Quito, inclinación de 0°	32
Tabla 16. HSP promedio de Quito, inclinación de 11° (Óptimo)	32
Tabla 17. HSP promedio de Quito, inclinación de 20°	33
Tabla 18. Consumo de la Zona del Auditorio	35
Tabla 19. Consumo de la Zona Administrativa - Aulas.....	35
Tabla 20. Consumo de la Zona del Taller Artesanal.....	36
Tabla 21. Consumo de la Zona del Comunitario	36
Tabla 22. Rendimiento Global del Auditorio.....	37
Tabla 23. Rendimiento Global del Administrativo – Aulas.....	37
Tabla 24. Rendimiento Global del Taller Artesanal	37
Tabla 25. Rendimiento Global del Comunitario	38
Tabla 26. Paneles a inclinación de 0°, Sistema A.R.....	38
Tabla 27. Paneles a una inclinación de 11°, Sistema A.R.....	39
Tabla 28. Paneles a una inclinación de 20°, Sistema A.R.....	40
Tabla 29. Banco de Baterías del Auditorio (Caso 1)	41
Tabla 30. Banco de Baterías del Auditorio (Caso 2)	42
Tabla 31. Banco de Baterías del Auditorio (Caso 3)	42
Tabla 32. Banco de Baterías del Administrativo - Aulas (Caso 1)	43

Tabla 33. Banco de Baterías del Administrativo - Aulas (Caso 2)	43
Tabla 34. Banco de Baterías del Taller Artesanal (Caso 1)	43
Tabla 35. Banco de Baterías del Taller Artesanal (Caso 2)	44
Tabla 36. Banco de Baterías del Comunitario (Caso 1).....	44
Tabla 37. Banco de Baterías del Comunitario (Caso 2).....	44
Tabla 38. Cálculo del Inversor del Auditorio.....	45
Tabla 39. Cálculo del Inversor del Administrativo – Aulas.....	45
Tabla 40. Cálculo del Inversor del Taller Artesanal	46
Tabla 41. Cálculo del Inversor del Comunitario	46
Tabla 42. Sección del cable a una inclinación de 0°, Sistema A.R.....	47
Tabla 43. Sección del cable a una inclinación de 11°, Sistema A.R.....	48
Tabla 44. Sección del cable a una inclinación de 20°, Sistema A.R.....	48
Tabla 45. Separación (panel monocristalino 350 Wp).....	49
Tabla 46. Separación (panel policristalino 200 Wp).....	49
Tabla 47. Separación (panel policristalino 275 Wp).....	50
Tabla 48. Dimensiones de los Domos - Auditorio	50
Tabla 49. Dimensiones de Talleres	50
Tabla 50. Dimensiones de Talleres y Domos.....	51
Tabla 51. Paneles a una inclinación de 0°, Sistema C.R.....	59
Tabla 52. Paneles a una inclinación de 11°, Sistema C.R.....	60
Tabla 53. Paneles a una inclinación de 20°, Sistema C.R.....	61
Tabla 54. Consumo de Luminarias Totales	70
Tabla 55. Consumo de Luminarias del Comunitario – Auditorio.....	70
Tabla 56. Consumo de Luminarias Taller – Administrativo Aulas	71
Tabla 57. Paneles a inclinación de 0°, 11° y 20°, Sistema C.R (Luminarias).....	71
Tabla 58. Paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20°, (Luminarias Auditorio - Comunitario)	72
Tabla 59. Paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20°, Sistema C.R (Taller – Administrativo)	72
Tabla 60. Cálculo del inversor de las luminarias totales.....	72
Tabla 61. Cálculo del inversor de las luminarias del Auditorio – Comunitario	73
Tabla 62. Cálculo del inversor de las luminarias del Taller – Administrativo	73
Tabla 63. Consumo de luminarias del Comunitario.....	80
Tabla 64. Inversor de las luminarias del Comunitario	80

Tabla 65. Paneles de un sistema C.R, carga lumínica del Comunitario.....	80
Tabla 66. Comparativa Revit/Estudio de Carga, carga lumínica del Comunitario Mono. 350Wp/24V, C.R.....	81
Tabla 67. Consumo de Luminarias del Auditorio.....	82
Tabla 68. Inversor de las Luminarias del Auditorio	83
Tabla 69. Paneles para un sistema A.R. Carga lumínica del Auditorio.....	83
Tabla 70. Comparativa Revit / Estudio de Carga, carga lumínica del Auditorio, Mono. 350Wp/24V C.R.....	84
Tabla 71. Análisis de Costos a una inclinación de 0°, Sistema A.R	88
Tabla 72. Análisis de Costos a una inclinación de 11°, Sistema A.R.	90
Tabla 73. Análisis de Costos a una inclinación de 20°, Sistema A.R.	92
Tabla 74. Análisis de Costos a una inclinación de 0°, Sistema C.R	94
Tabla 75. Análisis de Costos a una inclinación de 11°, Sistema C.R.	95
Tabla 76. Análisis de Costos a una inclinación de 20°, Sistema C.R.	96
Tabla 77. Análisis de Costos, inclinación de 0°, 11°, 20°, (Carga Lumínica Total). Sistema C.R.....	98
Tabla 78. Análisis de Costos, inclinación de 0°, 11°, 20°, (Carga Lumínica Auditorio - Comunitario). Sistema C.R.	99
Tabla 79. Análisis de Costos, inclinación de 0°, 11°, 20°, (Carga Lumínica Talleres – Administrativo Aulas). Sistema C.R.....	100
Tabla 80. Análisis de costos, carga lumínica del Comunitario P. 5,25 [kW]	101
Tabla 81. Análisis de costos de mano de obra para el diseño del Comunitario.....	101
Tabla 82. Análisis de costos sin desglosar para el diseño del Comunitario.....	101
Tabla 83. Análisis de costos, carga lumínica del Auditorio. P. 1,75 [kW].....	102
Tabla 84. Análisis de mano de obra para el diseño del Auditorio	102
Tabla 85. Costos sin desglosar para el diseño del Auditorio	103

GLOSARIO

- **Autodesk Revit:** Revit incluye herramientas para diseño arquitectónico, MEP, diseño estructural, detalles, ingeniería y profesionales de la construcción. [1]
- **Solar Analysis Revit:** La tecnología de análisis solar para Revit puede visualizar y cuantificar la distribución e intensidad de la radiación solar en varias áreas de una masa, teniendo en cuenta los efectos de sombreado de los objetos adyacentes como la vegetación y los edificios circundantes en un entorno urbano. Permite visualizar el sombreado de edificios aledaños (estrategias efectivas para bloquear la radiación solar no deseada) y la colocación de la abertura (permitiendo la radiación solar deseada) o el diseño y análisis del sistema fotovoltaico. [2]
- **C.E.P.S.B:** Acrónimo del Centro de Educación Permanente “San Bartolo”.
- **Panel Policristalino:** Poseen una estructura no uniforme; se fabrican en moldes rectangulares siendo su costo de fabricación menor al panel de silicio monocristalino. La eficiencia de las células policristalinas hasta hace unos años era menor que la eficiencia de las de silicio monocristalino; sin embargo, el rendimiento de ambos es muy similar en tiempos actuales. [3]
- **Panel Monocristalino:** Poseen una estructura uniforme; se fabrican en cilindros que posteriormente se cortan en obleas; su fabricación es lenta y consume mucha energía. Es un poco más caro que el silicio policristalino; sin embargo, el precio de ambos es muy similar en tiempos actuales. [3]
- **Inversor:** Es un dispositivo electrónico cuya función es transformar la corriente continua entregada por el sistema fotovoltaico a corriente alterna de las mismas características que la red eléctrica pública a la cual se la pretende conectar. [4]
- **Baterías gelificadas o de gel:** Una batería en la cual se inmoviliza el electrolito por adición de sustancias que le dan apariencia gelatinosa evitando así el riesgo de evaporación del electrolito. [4]
- **Regulador de carga:** La función de este dispositivo es el control de la corriente de carga y descarga de las baterías mediante el monitoreo y ajuste permanente del voltaje máximo y mínimo proveniente del panel fotovoltaico. [4]

- **Hora solar pico:** Conocida por sus siglas HSP, representa el número de horas de sol a 1000 W/m^2 por día, que incide sobre una superficie. [4]
- **Irradiancia:** Se le denomina al flujo radiante de la energía solar incidente sobre una superficie por unidad de área (W/m^2). [4]
- **Tensión en el punto máximo de potencia (V_{mp} o V_{max}):** Valor de tensión de una celda o panel fotovoltaico en que la potencia es máxima. [4]
- **Intensidad en el punto máximo de potencia (I_{mp} o I_{max}):** Valor de corriente de una celda o panel fotovoltaico en que la potencia es máxima. [4]
- **Punto de potencia máxima (P_{max}):** Representa el punto donde la corriente y el voltaje de un panel fotovoltaico son máximos. [4]
- **Voltaje de circuito abierto (V_{oc}):** Valor de tensión cuando esta desconectado de un circuito eléctrico. [5]
- **Intensidad de corto circuito (I_{sc}):** Sucede cuando la resistencia o impedancia de un elemento se vuelve un valor próximo a cero. [5]
- **CC:** Corriente continua. [5]
- **CA:** Corriente alterna. [5]
- **Periodo de reembolso:** Periodo en el cual se recupera la inversión realizada para una instalación fotovoltaica. [5]
- **A.R:** Acrónimo Aislado a la Red.
- **C.R:** Acrónimo Conectado a la Red
- **P.V:** Acrónimo de Fotovoltaico

RESUMEN

El presente documento tiene la finalidad de buscar el diseño más adecuado de un sistema fotovoltaico para el CENTRO DE EDUCACIÓN PERMANENTE SAN BARTOLO, puesto que se buscaba dar una diversificación de la forma de energizar el C.E.P.S.B, basado en estudios de irradiación usando como base el modelo de Pérez para el análisis de irradiación de la zona, realizando estudios de consumo de energía del centro y estudios mediante el software de simulación Revit a través de la herramienta de análisis solar con la finalidad de demostrar un diseño viable mediante la comparativa del diseño energético tradicional de un sistema fotovoltaico y los datos obtenidos mediante Revit para poder obtener un mejor criterio frente a una serie de diseños que se presentó, lo que permitirá enfatizar la importancia de la energía solar fotovoltaica como alternativa para el centro de educación y la comunidad aledaña. Mediante estos estudios y análisis se buscó presentar un diseño viable y económico con una serie de alternativas que fueran descartadas y comparadas previamente con las simulaciones de Revit para posteriormente presentar dos opciones que fueron aprobadas, las cuales fueron un sistema conectado a la red sin banco de baterías para proveer de energía las luminarias del Auditorio y una segunda alternativa que fue aprobada, la cual fue un sistema conectado a la red para proveer de energía las luminarias del Comunitario.

Actualmente el centro pretende con este proyecto tener un precedente fiable en la realización de un diseño fotovoltaico para sus instalaciones demostrando a la comunidad y a sus estudiantes alternativas a diseños eléctricos tradicionales, siendo la finalidad de este diseño la de autoabastecer las luminarias tanto del Auditorio como del Comunitario del C.E.P.S.B. en base al estudio técnico – económico que se plantea dentro de este documento.

ABSTRACT

The purpose of this document is to find the most appropriate design of a photovoltaic system for the Centro de Educación Permanente “San Bartolo”, since it was intended to diversify the way of energizing the C.E.P.S.B, based on irradiation studies using the model as a Pérez’s basis for the irradiation analysis of the area, carrying out energy consumption studies of the center and studies using the Revit simulation software through the solar analysis tool in order to demonstrate a viable design through the Comparison of the traditional energy design of a photovoltaic system and the data obtained through Revit in order to obtain a better criterion against a series of designs that were presented, which will allow us to emphasize the importance of photovoltaic solar energy as an alternative for the center of education and the surrounding community. Through these studies and analyzes, we sought to present a viable and economical design with a series of alternatives that were discarded and compared previously with Revit simulations to subsequently present two options that were approved, which were a system ON grid without battery bank to provide energy to the auditorium luminaires and a second alternative that was approved, which was a system ON grid to provide energy for the Community luminaires.

Currently, the center intends with this project to have a reliable precedent in the realization of a photovoltaic design for its facilities demonstrating to the community and its student’s alternatives to traditional electrical designs, being the purpose of this design to self-supply the luminaires of both the Auditorium and the C.E.P.S.B Community, based on the technical - economic study that is presented within this document.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de este documento, se realizará una descripción detallada acerca del diseño de un sistema fotovoltaico dentro del Capítulo I se detallará y delimitará el problema que presentó el C.E.P.S.B. al buscar una alternativa de energizar una zona o varias zonas dentro de está, por lo cual se plantea acudir a herramientas de análisis tradicional y herramientas computacionales como Revit en la búsqueda de un diseño viable en términos técnicos y económicos, delimitando el problema al sector aledaño al C.E.P.S.B.

Mientras que en el Capítulo II se planteará cada una de las herramientas matemáticas necesarias para la elaboración del diseño fotovoltaico y cada uno de los elementos que componen un diseño, así como las metodologías de diseño usadas. De manera similar se expone un breve análisis de la imposibilidad en la elaboración de un sistema eólico en esta zona por motivos asociados a la velocidad del viento incidente en Quito.

En el Capítulo III se detallará las alternativas que vuelven adecuada la selección de un diseño fotovoltaico o eólico y su respectiva ponderación numérica frente a una serie de características analizadas anteriormente.

Con respecto al Capítulo IV, se desarrollará la formulación matemática planteada en el Capítulo II, donde se denotará a través de tablas y figuras. Cada uno de los diseños que se planteó con respecto a las zonas seleccionadas dentro del C.E.P.S.B, haciendo un análisis de como cada uno de los escenarios planteados podrían volverse diseños viables a nivel técnico, realizando una comparativa final entre los resultados obtenidos a través del estudio de carga y los resultados analizados mediante el software Revit, dando la posibilidad de seleccionar los diseños más adecuados, tanto si son sistemas conectados a la red o sistemas aislados a la red, dando como resultado final la selección de dos diseños conectados a la red que se describirán en este capítulo.

Finalmente, en el Capítulo V se detallará los análisis de costos realizados, así como una breve comparativa de los costos de instalación obtenidos y qué factores vuelve un diseño más o menos costoso con respecto a otro analizado bajo las mismas condiciones, entregando finalmente los diseños económicamente más viables, así como su respectivo periodo de reembolso como costo del kWh en los diseños finales.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Como una manera de dar una mayor diversidad a la forma de energizar el C.E.P.S.B. se buscó con este proyecto el realizar un análisis técnico - económico para el diseño de un sistema fotovoltaico más viable para el C.E.P.S.B. mediante la comparativa de una forma de diseño tradicional mediante el estudio de consumo de lo que se pretende energizar y los análisis obtenidos mediante Revit, enfatizando ciertos factores asociados al diseño adecuado de este sistema como son las condiciones necesarias de irradiación para tener un aprovechamiento máximo del sistema fotovoltaico en términos energéticos, mejorando los perfiles de corriente, tensión y potencia que este sistema pueda presentar frente a posibles perturbaciones o bajo condiciones operativas. Adicionalmente, se presentará una descripción detallada de los diferentes equipos asociados al sistema fotovoltaica como son inversores, bancos de baterías, reguladores de carga, etc., así como su dimensionamiento frente a una disposición serie paralelo de un posible arreglo de paneles fotovoltaicos que se proponga, dando como resultado dos proyectos finales escogidos teniendo en consideración el análisis de costo y reembolso del sistema fotovoltaico. Mediante la modelación en el software Revit, el cual relaciona las variables de energía, radiación, orientación, condiciones climáticas de la zona de Quito, espacio disponible en la edificación, costo de la energía y periodo de reembolso con respecto a los módulos fotovoltaicos, se realizó una comparativa entre los resultados obtenidos en cada posible alternativa de diseño con los resultados obtenidos en Revit.

1.2 Importancia y Alcances

El siguiente documento presenta una serie de alternativas de diseños fotovoltaicos para el C.E.P.S.B., dotando de energía eléctrica a una carga en específico del centro, buscando entre todos estos posibles emplazamientos la opción más viable desde el punto de vista técnico - económico y las consideraciones estéticas necesarias. De esta manera se pretende realizar una comparativa entre las posibles alternativas de diseño frente a otras, tomando en cuenta factores climáticos como los niveles de irradiación de la zona los cuales fueron extraídos y analizados del “Atlas Solar del Ecuador” [6] factores técnicos propios del sistema como la capacidad máxima del campo fotovoltaico, corriente y tensión del campo fotovoltaico, así como la selección de un sistema conectado a la red o aislado a la red de ser necesario, tomando en cuenta

factores propios de la zona como son los niveles de irradiación, HSP, etc. de un emplazamiento en específico del C.E.P.S.B. a través de simulaciones en el software Revit y otros factores asociados al costo de la energía mediante un determinado diseño y el tiempo de reembolso en el cual el sistema tiende a recuperar el costo de la instalación inicial. Al realizar estas comparativas, se buscó un diseño más adecuado a las condiciones de la zona, a las posibles condiciones operativas o de falla que pueda presentar el sistema y las consideraciones económicas y estéticas que pudo presentar el C.E.P.S.B. a tomar en consideración en la elaboración de un diseño. Es así que para el primer diseño se decidió alimentar las luminarias del auditorio, el cual corresponde a un diseño aislado a la red, donde la ausencia de un banco de baterías le permitió al diseño en si reducir considerablemente el costo de instalación de este proyecto sin reducir la potencia del campo fotovoltaico del arreglo la cual en promedio alcanza 1,75 kW y un segundo diseño para alimentar las luminarias del comunitario, teniendo el diseño las mismas características técnicas alcanzado una potencia promedio de campo fotovoltaico de 5,25 kW, los cuales entrarían en diseños que se acogen a la “Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10 parte 14-2 Energía Renovable Sistemas de Generación con Energía Solar Fotovoltaica para Sistemas Aislados y Conexión a Red de hasta 100 kW en el Ecuador”. [4] ... [6]

De similar manera se presentó para los proyectos aprobados el costo de la energía promedio actual lo cuales corresponden \$ 1,77 por kW, instalado para el diseño que alimenta las luminarias del auditorio con un periodo de reembolso de 14.73 años aproximadamente y de \$1,46 por kW instalado para el diseño que alimenta las luminarias del comunitario con un periodo de reembolso de 12,18 años, siendo en promedio el costo de un kWh en Ecuador para el sector residencial de \$0,10 y el costo promedio del kWh en Ecuador para una instalación fotovoltaica es de \$0,1342 [7], lo que dice que nuestra instalación tendrá una autonomía energética - económica en el periodo de tiempo planteado, por lo cual sería un incentivo suficiente para incrementar los proyectos fotovoltaicos de pequeña y mediana escala en el país, puesto que las proyecciones realizadas para el 2050 de la energía solar consideran que la penetración de dicha energía estaría entre el 18 y 31 % de la generación total. [7]

Con lo cual los proyectos de los dos diseños fotovoltaicos aprobados pretenden tener un impacto frente a la comunidad aledaña al C.E.P.S.B. y que beneficie al centro en sí, puesto que la institución a través del Administrador en dicho tiempo, Sr. Juan

Serrano, buscó ayuda en la Universidad Politécnica Salesiana en la elaboración de este y otros proyectos.

1.3 Delimitación del Problema

A petición del C.E.P.S.B., representado y administrado en ese tiempo por el Sr. Juan Serrano y enmarcado dentro del proyecto “Diseños para el Centro de Educación Permanente San Bartolo“, se realizó el diseño de un sistema fotovoltaico que permita aprovechar la energía solar fotovoltaica como fuente renovable, la que representa un medio energético más respetuosa con el medio ambiente que las energías convencionales debido a que se dispone de recursos inagotables, siendo significativamente la más alta en el país con relación a otras regiones del mundo con el objetivo de alimentar una carga de acuerdo a una serie de estudios basados en el consumo del centro, teniendo como base un software de simulación como lo es Revit. El C.E.P.S.B. se encuentra ubicado en la calle Teodoro Gómez de la Torre S13-75, en el Cantón de Quito en la Provincia de Pichincha como se muestra en la Figura 1. [8]El inmueble en cuestión se encontraba en proceso de remodelación al momento de plantear los respectivos diseños para su utilización como centro de educación permanente, para lo cual se realiza el presente estudio y diseño de un sistema fotovoltaico.



Figura 1. Ubicación del C.E.P.S.B.

Fuente: Google Earth Pro. [8]

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Sistemas Eólicos - Turbinas Eólicas

Las turbinas generalmente usadas en aplicaciones de menor escala o residenciales pueden estar en el rango de los 400 watts y hasta los 100 kW generalmente para cargas considerables, dependiendo de la cantidad de electricidad que se desee generar. Para este tipo de aplicaciones es recomendable definir la carga que se busca alimentar, siendo que dichas turbinas convierten la energía cinética del viento en energía mecánica, la cual acciona un generador que produce energía eléctrica limpia. De esta manera hay que tomar en cuenta que la velocidad del viento mínima para el funcionamiento de un aerogenerador suele ser entre 3 - 4 m/s o 10.8 – 14,4 km/h aunque para poder plantear un proyecto eólico la velocidad del viento media anual debe situarse como mínimo en los 5 m/s o 18 km/h. [9]



Figura 2. Aerogenerador de 180 W.
Fuente: Marlec Engineering Co. Ltd. [10]

2.2 Velocidad del Viento en Quito

La velocidad del viento en Quito tiene una media anual de 2 km/h – 0.56 m/s, datos que son extraídos directamente del “Anuario Meteorólogo”. Esta velocidad de viento tan baja se debe a que la región Sierra, al poseer altas elevaciones de terreno, forma un escudo natural que impide que el viento tenga altas velocidades, la Tabla 1 detalla los valores mensuales y el valor anual de la velocidad del viento. [9], [10]

Tabla 1. Velocidad del Viento Promedio en Quito.

Mes	Velocidad Media [km/h]
Enero	2,5
Febrero	2,2
Marzo	2,0
Abril	1,7
Mayo	2,3
Junio	2,6
Julio	2,4
Agosto	3,1
Septiembre	3,0
Octubre	2,3
Noviembre	2,2
Diciembre	2,1
Valor Anual	2,0

Fuente: Anuario Meteorológico Quito – Ecuador 2014. [9]

2.3 Imposibilidad de un Sistema Eólico en el C.E.P.S.B

Como se detalla en el inciso 2.1.2 de este capítulo, la mayoría de los fabricantes recomiendan mínimo tener un promedio anual de velocidades de viento de 18 km/h, puesto que la velocidad de arranque de un aerogenerador de potencia de 180 W es de 9 - 11 km/h, mientras que en la ciudad de Quito el promedio anual del viento no supera los 2 a 4 km/h, por lo cual se optó por la opción de un sistema fotovoltaico, puesto que su diseño, tanto si es aislado a la red como conectado a la red, se elabora con los mismos parámetros de un sistema fotovoltaico.

2.4 Sistemas Fotovoltaicos Características Generales

Una instalación fotovoltaica dependerá de ciertas características propias que se irán detallando a lo largo de este capítulo.

2.5 Irradiancia Solar

Está definida como la intensidad de luz solar que incide sobre un metro cuadrado de terreno, donde su unidad de medida es W/m^2 , siendo esta la intensidad de potencia de luz solar incidente. La constante solar es la irradiancia recibida a la Tierra del Sol en la parte superior de la atmósfera, es decir, al pasar a través de la atmósfera, la irradiancia se reduce aproximadamente a un valor de $1000 W/m^2$ y tiene un contenido espectral modificado debido a la absorción atmosférica. [11]

2.6 Irradiación

Es considerada como la densidad energética de la luz solar y se mide en kWh/m^2 , enmarcada en un tiempo lo que significa durante las horas del día. La irradiación a menudo se expresa como horas de sol pico (HSP). Por lo tanto, la irradiación y la irradiancia dependen de la ubicación, las condiciones climáticas y la época del año. También dependerán de si la superficie de interés está sombreada por árboles o edificios y si la superficie es horizontal o inclinada. [11]

2.7 Insolación

Se considera como la suma de las irradiancias en el tiempo. Esta se expresa en $Wh/m^2 * día$. Generalmente se la utiliza para clasificar el potencial de la energía de un panel fotovoltaico. [12]

2.8 Hora Solar Pico (HSP)

Es la representación equivalente en tiempo (horas) a un nivel de irradiación de $1000 W/m^2$ que equivaldría a la irradiación que se presenta durante un día entero. Las HSP simplifica la comparación de los días en el cual incide la energía solar en diferentes ubicaciones. De esta manera se puede afirmar que $1000 W/m^2$ durante ciertas horas equivalen a ciertas horas kWh de energía solar. [13]

2.9 Panel fotovoltaico

Un panel o módulo fotovoltaico se define como un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas en serie para obtener un voltaje de salida adecuado. Generalmente las celdas son de silicio, los voltajes de circuito abierto de una sola celda están típicamente cerca de $0,6 V$, y los voltajes de potencia máxima están cerca de $0,5 V$ a una temperatura de $25^{\circ}C$. En el pasado cuando los sistemas fotovoltaicos eran aislados a

la red con respaldo de baterías, era necesario combinar un número suficiente de celdas en serie para proporcionar una carga efectiva al banco de baterías debido a que los voltajes nominales de carga de la batería de plomo-ácido de 12 V operaban cerca de sus puntos de máxima potencia al cargar baterías de plomo-ácido a ese voltaje; sin embargo, dos cosas han cambiado los parámetros de diseño para los módulos fotovoltaicos. En primer lugar, se han utilizado más módulos fotovoltaicos en sistemas conectados a la red en todo el mundo que en sistemas aislados a la red. En un sistema conectado a la red sin un bando de baterías, es común diseñar la matriz fotovoltaica, de modo que el voltaje máximo de circuito abierto esté por debajo de $600 V_{cc}$. Estas matrices están conectadas directamente a las entradas del inversor de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT). Muchos módulos modernos tienen 54 a 72 celdas y a veces incluso más con voltajes de circuito abierto y mayores clasificaciones de potencia del módulo. [13] ... [15]

El otro cambio ha sido en la tecnología de los controladores de carga, puesto que los controladores de carga modernos incorporan circuitos de entrada MPPT, de modo que la matriz puede funcionar a un voltaje de potencia máximo que excede el voltaje de la batería y aun así a través del controlador de carga entrega el voltaje de carga correcto a las baterías. [13] ... [15]

2.10 Tecnologías en paneles fotovoltaicos

Para considerar un material a ser utilizado dentro de una celda fotovoltaica, es necesario considerar aspectos como la viabilidad comercial con un alto rendimiento y estabilidad en la operación, buena capacidad de fabricación, producción de bajo costo y poder lograr una larga vida útil. La capacidad de fabricación incluye aspectos como la facilidad de fabricación, la disponibilidad de materiales, la salud y la seguridad, los impactos ambientales y el rendimiento. El mercado actual de paneles fotovoltaicos planos está dominado por silicio cristalino, tanto monocristalino como policristalino, Figura 3., siendo el policristalino el más usado en el mercado. [13] ... [15]

En términos de rendimiento, la diferencia más obvia entre los tipos de módulos es la eficiencia de conversión nominal, es decir, la relación entre la salida eléctrica del módulo y la irradiación solar recibida en condiciones de funcionamiento específicas como se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Rangos de eficiencia PV.

Tipo	Rango de eficiencia bajo condiciones de prueba estándar [%]	Mayor eficiencia de laboratorio reportada [%]
Silicio policristalino	15-17	18,9
Silicio monocristalino	16-19	2,9

Fuente: The Performance of Photovoltaic (PV) Systems. [13]

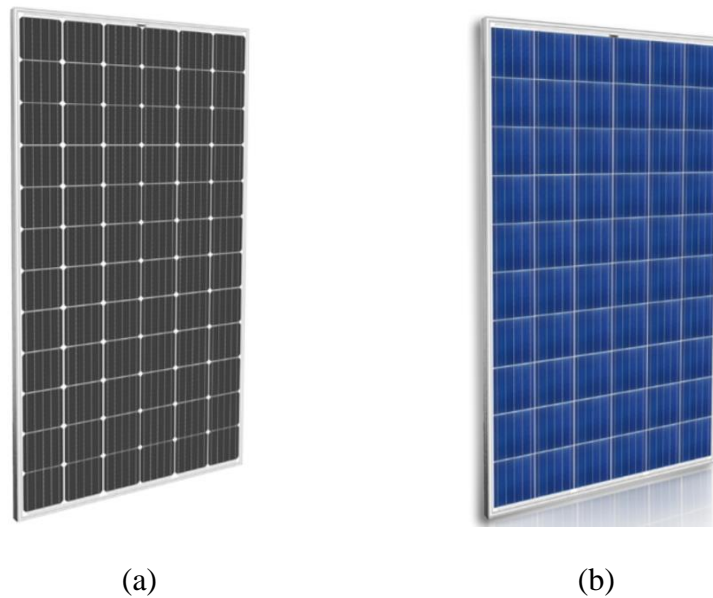


Figura 3. (a) Panel Monocristalino 350 W – (b) Panel Policristalino 275 W
Fuente: ECO GREEN ENERGY. [16]

2.11 Punto Máximo de Potencia MPP o MPPT

En la actualidad los inversores modernos tienen múltiples entradas las cuales están conectadas a convertidores de CC a CC separados en el inversor; por lo tanto, diferentes circuitos de fuentes fotovoltaicas pueden operar al voltaje perfecto para la producción de energía. De esta forma se puede tener diferentes números de módulos a través de los diodos de derivación en los módulos. Además, la supervisión y la protección de falla de arco de CC es sencilla; sin embargo, antes de los sistemas MPPT, no era posible tener un número de módulos en diferentes circuitos hacia el mismo inversor. Hoy en día un inversor puede tener diferentes entradas que funcionan independientemente unas de otras. [17], [18]

Para determinar el MPP, se debe superponer las gráficas de (V-I) Figura 4. y las gráficas de Figura 5. (P-V). De esta manera en la Figura 6. se puede observar la corriente de cortocircuito I_{sc} , la tensión de circuito abierto V_{oc} y las coordenadas del punto de máxima potencia de la agrupación fotovoltaica (MPP). Se puede definir como el punto donde la potencia máxima P_{max} y el V_{max} se encuentran siempre y cuando el valor de irradiancia se mantenga constante, lo cual generalmente no sucede. [15]... [18]

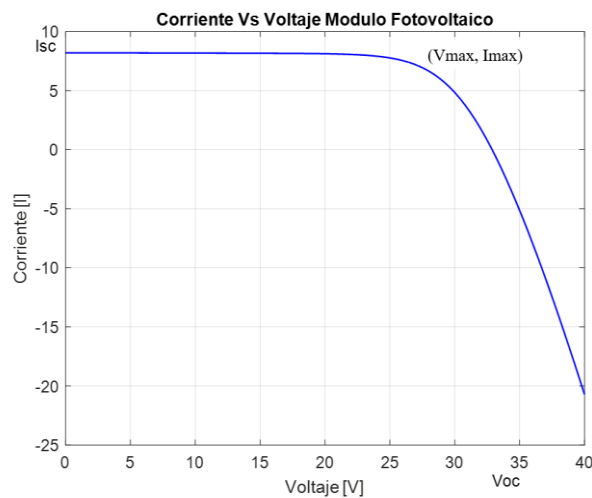


Figura 4. Curva Característica (V - I).

Elaborado por: Juan García.

En este caso los valores de $V_{max} = 26,4$ [V], e $I_{max} = 7,58$ [A], mientras que el valor de la corriente de corto circuito es $I_{sc} = 8,21$ [A], para un $V_{oc} = 32,29$ [V].

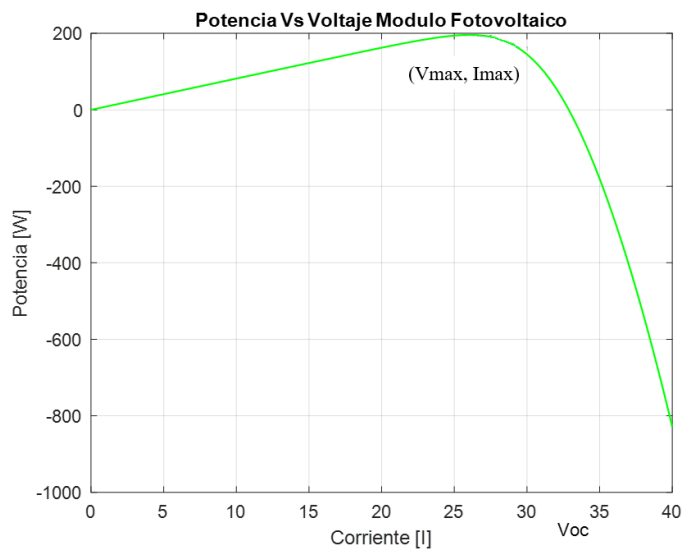


Figura 5. Curva Característica (P - V).

Elaborado por: Juan García.

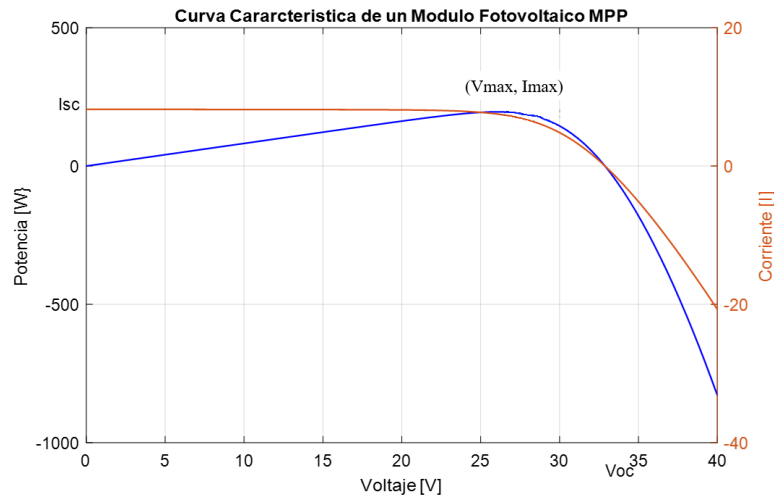


Figura 6. Curva Característica MPP.
Elaborado por: Juan García.

2.12 Sistema de almacenamiento

Las baterías cumplen la función de almacenar la energía eléctrica generada por los módulos durante los períodos soleados y la entregan cuando los módulos no pueden suministrar energía. Estas se descargan durante la noche o el clima nublado. Sin embargo, si la carga excede la salida del arreglo fotovoltaico durante el día, las baterías pueden complementar la energía suministrada por los módulos. Este intervalo incluye un período de carga y uno de descarga descrito como "ciclo". Las baterías no deben descargarse completamente durante cada ciclo. Por estas razones, los sistemas de baterías deben dimensionarse para que coincidan con la carga. [19]



Figura 7. Batería de gel para paneles fotovoltaicos.
Fuente: Sunbright Power Co. Ltd. [20]

2.13 Regulador de carga

La función principal de un regulador de carga en un sistema fotovoltaico autónomo es proteger la batería de la sobrecarga y la sobredescarga. Cualquier sistema que tenga cargas impredecibles o cualquier característica que permita una sobrecarga o descarga

excesiva de la batería requiere un controlador de carga o una desconexión de carga de bajo voltaje. La falta de un controlador puede reducir la vida útil de la batería y disminuir la disponibilidad de carga. El funcionamiento correcto de un controlador de carga debe evitar la sobrecarga o sobredescarga de una batería independientemente del diseño del sistema y los cambios en el perfil de carga y las temperaturas de funcionamiento. [21]



Figura 8. Regulador de carga.

Fuente: Schneider Electric. [22]

2.14 Inversores

Existen ciertos momentos en que una carga de corriente alterna debe ser alimentada con electricidad fotovoltaica. Esto es posible a través de un inversor. Los inversores convierten la corriente directa en corriente alterna. La corriente directa tiene un flujo de corriente en una sola dirección mientras que la corriente alterna cambia rápidamente la dirección del flujo de corriente de un lado a otro. La corriente alterna típica en Ecuador es de 60 ciclos por segundo (60 Hz). Cada ciclo incluye el movimiento de la corriente en un primer sentido, luego en el otro. Los cambios en la dirección del flujo de corriente son graduales. Esta conversión de CC a CA se puede hacer de varias maneras. Todos los inversores requieren el mismo entorno limpio, seco y fresco que los controladores de carga o cualquier otro dispositivo electrónico. Deben ubicarse razonablemente cerca del banco de baterías, pero no dentro del gabinete de la batería. [23]



Figura 9. Inversor.

Fuente: Growatt New Energy Technology Co. Ltd. [24]

2.15 Demanda energética

La demanda energética se puede definir como la medida en los terminales de alimentación de cómo se gasta o consume la energía en un lapso de tiempo establecido. [25]

2.16 Carga eléctrica

La carga eléctrica se define como el elemento terminal que cambia la forma de energía para el uso del usuario. [25]

2.17 Sistema fotovoltaico aislado a la red (A.R)

El objetivo de este sistema es alimentar la demanda de energía eléctrica de una determinada carga. La Figura 10. muestra un esquema general de un sistema fotovoltaico aislado a la red, mostrando sus elementos predominantes como el regulador de carga, el banco de baterías y el inversor. [26]

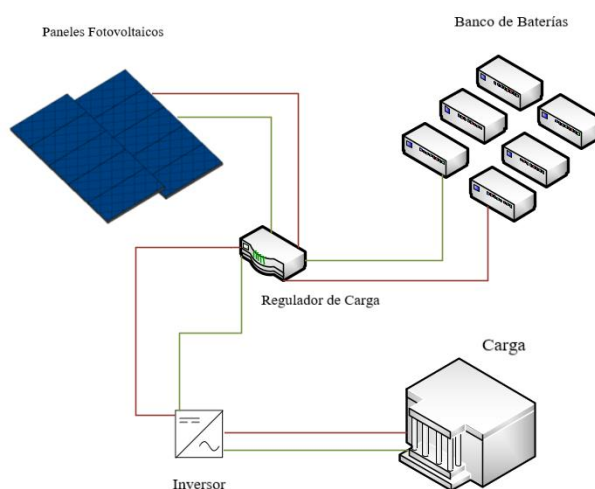


Figura 10. Esquema de un sistema fotovoltaico A.R.
Elaborado por: Juan García.

2.18 Sistema fotovoltaico conectado a la red (C.R)

La característica principal de estos sistemas es el de no poseer un sistema de acumulación debido a que la energía producida durante las horas de insolación es canalizada a la red eléctrica. En la Figura 11. se muestra un esquema general con sus elementos principales. [26]

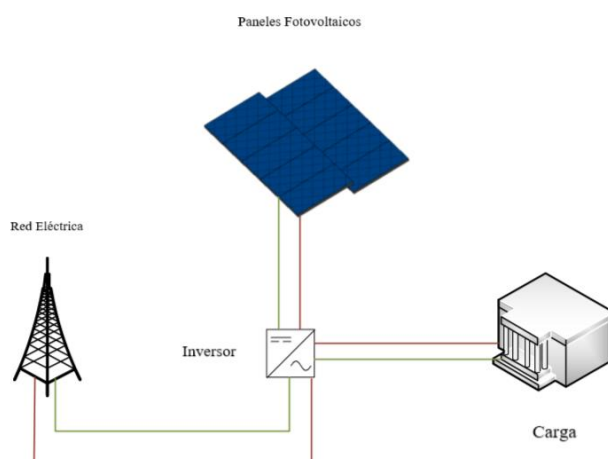


Figura 11. Esquema de un sistema fotovoltaico C.R
Elaborado por: Juan García.

2.19 Cálculo de la Hora Solar Pico (HSP)

Es necesario conocer los valores de irradiación solar, los que son extraídos del “Atlas Solar del Ecuador”. [6]

Tabla 3. Insolación Promedio en Ecuador

Sitio: Latitud/Longitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Cotopaxi: -1/-79	3,73	3,98	4,05	3,88	3,74	3,47	3,71	3,97	3,98	3,77	3,88	3,79	3,83
Cuenca-Loja: -3/-79	3,76	3,99	3,98	3,87	3,84	3,53	3,79	4,17	4,29	4,08	4,26	4,05	3,97
Esmeraldas:0/-80	4,05	4,42	4,71	4,51	4,17	3,79	3,75	3,9	3,96	3,88	3,93	3,97	4,09
Guayaquil: -3/-80	4,34	4,58	4,66	4,55	4,37	3,85	3,96	4,3	4,53	4,37	4,62	4,53	4,39
Ibarra-Tulcán:0/79	3,73	4,01	4,17	3,95	3,75	3,56	3,85	4,01	3,95	3,79	3,81	3,73	3,86
Islas Galápagos:1/-91 (medido en sitio)	6,25	6,56	6,78	6,49	6,03	5,56	4,92	5,19	5,28	5,49	5,46	6,01	5,84
Manabí: -2/-81	5,05	5,22	5,51	5,45	5	4,01	3,84	4,15	4,42	4,26	4,54	4,91	4,70
Napo: -2/-77	4,45	4,36	4,33	4,04	4,11	3,74	4,01	4,55	4,82	4,59	4,47	4,67	4,35
Quevedo: -1/-80	4,15	4,44	4,63	4,5	4,21	3,68	3,68	3,92	4,01	3,86	4,01	4,09	4,10
Quito: -1/-79	3,73	3,98	4,05	3,88	3,74	3,47	3,71	3,97	3,98	3,77	3,88	3,79	3,83
Riobamba: -2/-79	3,74	3,97	3,96	3,83	3,76	3,43	3,63	3,98	4,05	3,82	3,99	3,87	3,84
Santa Elena: -3/-81	5,25	5,43	5,62	5,51	5,13	4,32	4,25	4,59	4,97	4,84	5,13	5,28	5,03

Fuente: Atlas Solar del Ecuador. [6]

Sin embargo, para el cálculo de las HSP, necesitamos de los valores en MJ, para lo cual usamos el siguiente factor de conversión: 1kWh = 3,6MJ. De esta manera se obtendría la energía en mega julios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes.

Tabla 4. Insolación Promedio en Quito

Sitio:													
Latitud/Longitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Quito: -1/-79	13,4 28	14,3 28	14, 58	14, 04	13,4 64	12,4 92	13,3 56	14,2 92	14,3 28	13,5 72	13,9 68	13,6 44	13,7 88

Elaborado por: Juan García.

En la Tabla 4 se muestra los coeficientes de corrección k que se encuentran en función del mes e inclinación del módulo solar fotovoltaico para la latitud de Quito. [27]

Tabla 5. Coeficientes de corrección

Inclinación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0,97	0,98	1	1,01	1,02	1,03	1,02	1,01	1	0,98	0,97	0,96
10	0,93	0,96	0,99	1,02	1,04	1,04	1,03	1,02	0,99	0,96	0,93	0,92
15	0,88	0,92	0,97	1,02	1,05	1,06	1,04	1,01	0,97	0,93	0,89	0,87
20	0,83	0,88	0,95	1,01	1,05	1,06	1,04	1,01	0,95	0,89	0,84	0,81
25	0,77	0,84	0,92	1	1,05	1,06	1,04	0,99	0,92	0,85	0,78	0,75
30	0,71	0,79	0,89	0,98	1,04	1,05	1,03	0,97	0,89	0,8	0,72	0,69
35	0,65	0,73	0,84	0,95	1,02	1,04	1,01	0,95	0,85	0,74	0,65	0,62
40	0,57	0,67	0,8	0,92	1	1,02	0,98	0,91	0,81	0,67	0,58	0,54
45	0,5	0,61	0,74	0,88	0,97	0,99	0,95	0,87	0,76	0,62	0,51	0,46
50	0,42	0,54	0,69	0,83	0,93	0,96	0,92	0,83	0,7	0,56	0,43	0,38
55	0,34	0,46	0,63	0,78	0,89	0,92	0,88	0,78	0,64	0,49	0,35	0,3
60	0,26	0,39	0,56	0,73	0,84	0,87	0,83	0,73	0,58	0,41	0,27	0,21
65	0,17	0,31	0,49	0,66	0,79	0,82	0,78	0,67	0,51	0,34	0,19	0,13
70	0,11	0,23	0,42	0,6	0,73	0,77	0,72	0,61	0,45	0,26	0,13	0,12

Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10 parte 14-2 Energía Renovable Sistemas de Generación con Energía Solar Fotovoltaica para Sistemas Aislados y Conexión a Red de hasta 100 kW en el Ecuador. [27]

Se dependerá de la siguiente expresión para el cálculo de HSP:

$$HSP = I_{n_{pro}} * k_{atm} * k * 0.2778 \quad (1)$$

Donde:

$I_{n_{pro}}$: Insolación promedio [Mj/m²]

k_{atm} : Factor de corrección atmosférico

k : Coeficiente de corrección

HSP : Hora Solar Pico [horas]

Siendo la insolación promedio un dato obtenido a través de tablas, el factor de corrección atmosférico en este caso se ha tomado que varía entre:

$$0.95 < k_{atm} < 1.05 \quad (2)$$

En este caso el C.E.P.S.B está ubicada en un área urbana donde los factores de contaminación son predominantes. Para el coeficiente de corrección de latitud que viene dado por tablas, se propone tres casos de estudio con paneles a una inclinación 0° , 11° , 20° con respecto a la horizontal, siendo la condición más apropiada para una instalación anual, la que corresponde a la latitud de 11° ; sin embargo, hay que tomar en cuenta las condiciones técnicas que se pueden presentar en dicha zona, multiplicada por una constante propia de dicha expresión.

2.20 Inclinación Óptima Anual para Quito

Para el cálculo de la inclinación optima anual se usará la expresión (3)

$$\beta = |\text{latitud}| + 10^\circ \quad (3)$$

Donde:

β : Inclinación de un panel respecto a la latitud [$^\circ$]

Sabiendo que latitud de Quito es -1, por lo tanto, obtendríamos una inclinación de panel optima de 11° . [27]... [29]

2.21 Rendimiento Global PV para un Sistema A.R

Se procederá a analizar el rendimiento de determinados componentes que forman parte del sistema fotovoltaico que se está diseñando y se usa la expresión (4). [29], [30]

$$R = (1 - k_b - k_c - k_r - k_v) \left(1 - k_a * \frac{N}{P_d} \right) \quad (4)$$

Donde:

k_b : Coeficiente de perdidas por rendimiento en el acumulador

k_c : Pérdidas por el rendimiento del inversor

k_r : Pérdidas en el controlador de la carga

k_v : Pérdidas aleatorias

k_a : Fracción de energía que se pierde por auto descarga

N : Número de días de autonomía para asegurar un servicio sin carga

P_d : Profundidad máxima de descarga admisible

R: Rendimiento global

Tabla 6. Coeficientes de Rendimiento Global

Pérdidas en el proceso de acumulación	k_b
Acumulados nuevos, sin descargas intensas	0,05
Acumulados viejos, descargas intensas, temperaturas bajas	0,1
Auto descarga de la batería	k_a
Baterías de baja auto descarga, sin mantenimiento	0,002
Baterías estacionarias de energía solar	0,005
Baterías de alta auto descarga	0,012
Pérdidas por el rendimiento del inversor	k_c
No hay inversor en la instalación	0
Rendimiento inversor 95%	0,05
Rendimiento inversor 90%	0,1
Rendimiento inversor 85%	0,15
Rendimiento inversor < 85%	0,2
Otras pérdidas no consideradas	k_v
Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos	0,15
Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en equipos	0,05
Profundidad de descarga máxima admisible	P_d
Batería descargada hasta el 90%	0,9
Batería descargada hasta el 80%	0,8
Batería descargada hasta el 70%	0,7
Batería descargada hasta el 60%	0,6
Batería descargada hasta el 50%	0,5
Batería descargada hasta el 40%	0,4
Batería descargada hasta el 30%	0,3
Número de días de autonomía	N
Auditorio, zonas con moderada concurrencia	3
Zona de uso habitual	5
Instalaciones especiales con servicio prioritario	15
Instalaciones especiales alta fiabilidad	20
Pérdidas en el controlador de carga	k_r
Controlador de carga eficiente	0,1
Controlador de carga antiguo, poco eficiente	0,15

Fuente: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DE EMERGENCIA PARA LA ILUMINACIÓN EN LABORATORIOS. [31]

2.22 Dimensionamiento de Paneles Solares para el Sistema A.R

Una vez realizado el respectivo estudio de carga con relación a la energía requerida en Wh/día, se utilizará la expresión (5): [30]

$$E_{req} = \frac{C}{R} \quad (5)$$

Donde:

R: Rendimiento global

C : Carga [Wh/día]

E_{req} : Energía requerida [Wh/día]

Tomando en cuenta los respectivos valores de tensión a la cual queremos someter nuestro sistema, siendo 12 V, 24 V y 48 V. Mientras más alto sea el valor de nuestro sistema, será mucho menor la cantidad de paneles que se requiera.

Para nuestro diseño se ha considerado un panel Monocristalino a 350 [W] a una tensión nominal de 24 [V] tanto para sistemas PWM como MPPT o similar, que contiene las siguientes características técnicas, necesarias para el dimensionamiento de la cantidad de paneles y del campo fotovoltaico.

Tabla 7. Características Panel Monocristalino 350Wp (Caso 1)

Panel Solar:	Panel Monocristalino: 350Wp /24V
Potencia máxima (P_{max})	350 W
Tensión nominal (V_n)	24 V
Tensión en el punto máximo de potencia (V_{mp})	38,71 V
Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{mp})	9,04 A
Tensión a circuito abierto (V_{oc})	46,88 V
Intensidad de corto circuito (I_{sc})	9,38 A

Fuente: ECO GREEN ENERGY. [16]

Se presenta también un segundo caso considerando el modelo de panel Policristalino 200Wp / 24V o similar para sistemas PWM como MPPT, que presenta las siguientes características técnicas:

Tabla 8. Características Panel Policristalino 200Wp (Caso 2)

Panel Solar:	Panel Policristalino: 200Wp /24V
Potencia máxima (P_{max})	200 W
Tensión nominal (V_n)	24 V
Tensión en el punto máximo de potencia (V_{mp})	36,88 V
Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{mp})	5,42 A
Tensión a circuito abierto (V_{oc})	45,21 V
Intensidad de corto circuito (I_{sc})	5,89 A

Fuente: ECO GREEN ENERGY. [16]

De esta manera lo que se pretende es realizar el cálculo de la corriente hora por panel al día mediante la expresión (6).

$$I_{pd} = HSP_{(mes\ desfavorable)} * I_{mp} \quad (6)$$

Donde:

$HSP_{(mes\ desfavorable)}$: HSP del mes desfavorable [h/día]

I_{mp} : Intensidad en el punto máximo de potencia [A]

I_{pd} : Intensidad por hora por panel al día [A*h/día]

Con la expresión (6) ya es posible calcular la cantidad de paneles necesarios para cumplir con los requerimientos energéticos pertinentes. Esto se logra con la expresión (7).

$$N_{pa} = \frac{E_{req}/V_{sis}}{I_{pd}} \quad (7)$$

Donde:

V_{sis} : Tensión del sistema [V]

I_{pd} : Intensidad por hora por panel al día [A*h/día]

E_{req} : Energía requerida [Wh/día]

N_{pa} : Número de cadenas en paralelo

Efectivamente la expresión (7) calcula el número de paneles necesarios para la energía requerida en los estudios de consumo. En nuestro caso, se realizó el dimensionamiento en las peores condiciones de trabajo posibles. Sin embargo, también es necesario conocer el número de paneles conectados en serie. Esto se consigue mediante la expresión (8).

$$N_{se} = \frac{V_{sis}}{V_{npa}} \quad (8)$$

Donde:

V_{sis} : Tensión del sistema [V]

V_{npa} : Tensión nominal del panel [V]

N_{se} : Número de cadenas en serie

Entonces para conocer el número de paneles necesarios, se usará la expresión (9):

$$N_{mo} = N_{se} * N_{pa} \quad (9)$$

Donde:

N_{se} : Número de cadenas en serie

N_{pa} : Número de cadenas en paralelo

N_{mo} : Número de paneles necesarios

Finalmente se necesita conocer la potencia del campo fotovoltaico mediante la expresión (10), la cual permite definir la potencia que obtenemos con la selección del panel que se decida escoger tanto (Caso 1) como (Caso 2) sin considerar las dimensiones del espacio donde se va a instalar.

$$P_{cf} = P_{max} * N_{mo} \quad (10)$$

Donde:

N_{mo} : Número de paneles necesarios

P_{max} : Potencia máxima del panel fotovoltaico

P_{cf} : Potencia del campo fotovoltaico

Para el dimensionamiento del resto de componentes es necesario conocer la intensidad de corriente del campo fotovoltaico, lo cual se consigue mediante la expresión (11):

$$I_{cf} = Imp * N_{pa} \quad (11)$$

Donde:

N_{pa} : Número de cadenas en paralelo

Imp : Intensidad en el punto máximo de potencia [A]

I_{cf} : Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]

Evidentemente todos estos valores serán redondeados de ser necesario.

2.23 Dimensionamiento del Regulador Carga

Como se mencionó anteriormente, es necesario realizar el dimensionamiento del controlador de carga, siendo para nuestro caso necesario un regulador en serie debido a la potencia a la cual se está trabajando, teniendo en cuenta que el regulador de carga tenga una protección de la batería contra sobrecargas, que tenga protección de carga contra cargas excesivas mediante desconexión automática o manual y de similar manera su reconexión, que incorpore un sistema de alarma por baja carga de la batería y una protección contra sobreintensidad como un fusible y tenga etiquetado su tensión nominal, la máxima intensidad del regulador y serigrafadas la polaridad de las diferentes conexiones.

Para el cálculo del regulador se debe realizar un sobredimensionamiento de la corriente de campo fotovoltaico superior al 10 %, por lo cual se usará la expresión (12). [29], [30]

$$I_{mR} = 1,10 * I_{cf} \quad (12)$$

Donde:

I_{cf} : Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]

I_{mR} : Intensidad mínima del regulador de carga [A]

Evidentemente todos estos valores serán redondeados de ser necesario.

2.24 Dimensionamiento del Banco de Baterías

Para el cálculo del número total de baterías que requiere un sistema fotovoltaico conectado a la red se tomará en cuenta la expresión (13), la cual hace referencia a la capacidad de acumulación del banco de baterías en amperios hora, lo que permitirá determinar la cantidad de baterías que está en función de la batería que se desee considerar. En nuestro caso, presentamos algunos ejemplos, puesto que existe una gran cantidad de baterías en el mercado, las cuales pueden ser consideradas para su uso. [30]

$$C_{abb} = \frac{(E_{req} * d_A) / V_{sis}}{p_{des}} \quad (13)$$

Donde:

d_A : Días de autonomía [día]

E_{req} : Energía requerida [Wh/día]

V_{sis} : Tensión del sistema [V]

p_{des} : Profundidad de descarga

C_{abb} : Capacidad de acumulación del banco de baterías [Ah]

También es necesario conocer la configuración de conexión de serie y paralelo que se requiere para el banco de baterías, para lo cual se usará la expresión (14) para el cálculo de la cantidad de baterías conectados en paralelo.

$$N_{bpa} = \frac{C_{abb}}{C_{nb}} \quad (14)$$

Donde:

C_{abb} : Capacidad de acumulación del banco de baterías [Ah]

C_{nb} : Capacidad nominal de la batería [Ah]

N_{bpa} : Número de baterías en paralelo

De similar manera se presenta la expresión (15) para el número de baterías conectadas en serie.

$$N_{bse} = \frac{V_{sis}}{V_{nb}} \quad (15)$$

Donde:

V_{sis} : Tensión del sistema [Ah]

V_{nb} : Tensión nominal de la batería [V]

N_{bse} : Número de baterías en serie

Para las baterías se tomó en cuenta tres casos de estudio, es decir, tres modelos de baterías diferentes y se consideró para todos los casos una profundidad de descarga máxima del 60%.

Tabla 9. Características Batería de Gel 150 Ah

Descripción	Batería sbb GEL 150Ah / 12VDC
Capacidad nominal [Ah]	150
Tensión nominal [V]	12

Fuente: Sunbright Power Co. Ltd. [20]

Esta batería tiene una vida útil de 10 a 12 años.

Tabla 10. Características Batería de Gel 55Ah

Descripción	Batería sbb GEL 150Ah / 12VDC
Capacidad nominal [Ah]	55
Tensión nominal [V]	12

Fuente: Sunbright Power Co. Ltd. [20]

Esta batería tiene una vida útil de 10 a 12 años.

Tabla 11. Características Batería de Gel 7Ah

Descripción	Batería sbb GEL 150Ah / 12VDC
Capacidad nominal [Ah]	7
Tensión nominal [V]	12

Fuente: Sunbright Power Co. Ltd. [20]

Esta batería tiene una vida útil de 3 a 5 años.

2.25 Dimensionamiento del Inversor

Generalmente sólo se considera el inversor cuando se tiene cargas en corriente alterna. Para el caso de la selección del inversor, es necesario considerar el factor de simultaneidad especificado en el estudio de cargas (Anexo 1). De esta manera es necesario conocer la potencia demandada simultánea a través de la expresión (16). [29], [30]

$$P_{dsm} = N_{ele} * P_{ice} * F_s \quad (16)$$

Donde:

F_s : Factor de simultaneidad

P_{ice} : Potencia individual de cada elemento eléctrico [W]

N_{ele} : Número de elementos eléctricos dentro de la zona

P_{dsm} : Potencia demandada simultánea [W]

Sin embargo, para conocer la potencia mínima del inversor se debe realizar la sumatoria de las potencias demandadas simultáneas y sobredimensionar este factor al 20% para conocer el inversor adecuado que se debería utilizar para la instalación. La expresión (17) es la necesaria para este cálculo.

$$P_{inv} = 1,2 * \left(\sum P_{dsm} \right) \quad (17)$$

Donde:

P_{dsm} : Potencia demandada simultánea [W]

P_{inv} : Potencia mínima del inversor [W]

2.26 Dimensionamiento de Cables

Para el dimensionamiento de los cables de nuestra instalación fotovoltaica, se debe tomar en cuenta la expresión (18), la cual será generalizada para cada una de las partes que se toman en cuenta en el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica. [31]

$$S_{tc} = \frac{2 * L * I * 0,018}{v} \quad (18)$$

Donde:

L : Longitud que se considera en función de la longitud donde se desea realizar la instalación fotovoltaica [m]

I : Intensidad del lugar que sea desea dimensionar [A]

v : Caída de tensión admisible con respecto a la tensión del sistema. En nuestro caso, se ha tomado una caída de tensión admisible del 3% [V]

S_{tc} : Sección teórica del conductor [mm²]

Mientras que, para el cálculo de la caída de tensión, se usa la expresión (19).

$$v = \frac{V_{sis} * 3}{100} \quad (19)$$

Donde:

V_{sis} : Tensión del sistema [A]

v : Caída de tensión admisible con respecto a la tensión del sistema. En nuestro caso, se ha tomado una caída de tensión admisible del 3% [V]

2.27 Separación Considerada entre Paneles

Para realizar la respectiva consideración de separación entre paneles como se muestra en la Figura.12. De esta manera evitando sombras innecesarias que incidan sobre esta, se usará la expresión (20). [32]

$$d_{min} = l_1 + l_2 \quad (20)$$

Donde:

l_1 : La distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro [m]

l_2 : La distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal [m]

d_{min} : La distancia mínima de separación entre los paneles [m]

Sin embargo, para determinar el parámetro l_1 , se usará la expresión (21).

$$l_1 = \frac{h}{\tan \theta} \quad (21)$$

Donde:

h : La altura del panel con respecto a la horizontal [m]

θ : El complemento del ángulo de inclinación del panel [°]

l_1 : La distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro [m]

De la misma manera para determinar el parámetro l_2 , se usará la expresión (22).

$$l_2 = \cos(\alpha) * L \quad (22)$$

Donde:

L : La longitud del panel [m]

α : El ángulo de inclinación del panel, respecto a la horizontal [°]

l_2 : La distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal [m]

Al conocer α que en nuestro caso es de valores de 0°, 11° y 20°, se puede determinar la altura del panel respecto a la horizontal por medio de la expresión (23).

$$h = \sin(\alpha) * L \quad (23)$$

Donde:

L : La longitud del panel [m]

α : El ángulo de inclinación del panel respecto a la horizontal [°]

h : La altura del panel con respecto a la horizontal [m]

De manera similar se obtiene el ángulo θ , puesto que es el complemento del ángulo de inclinación del panel respecto a la horizontal, calculable a través de la expresión (24).

$$\theta = 90^\circ - \alpha \quad (24)$$

Donde:

α : El ángulo de inclinación del panel respecto a la horizontal [°]

θ : El complemento del ángulo de inclinación del panel [°]

Finalmente, para conocer la distancia entre la arista superior y la arista inferior, se usa la expresión (25)

$$d_{si} = d_{min} - L \quad (25)$$

Donde:

d_{min} : La distancia mínima de separación entre los paneles [m]

L : La longitud del panel [m]

d_{si} : Distancia entre la arista superior y la arista inferior de los paneles [m]

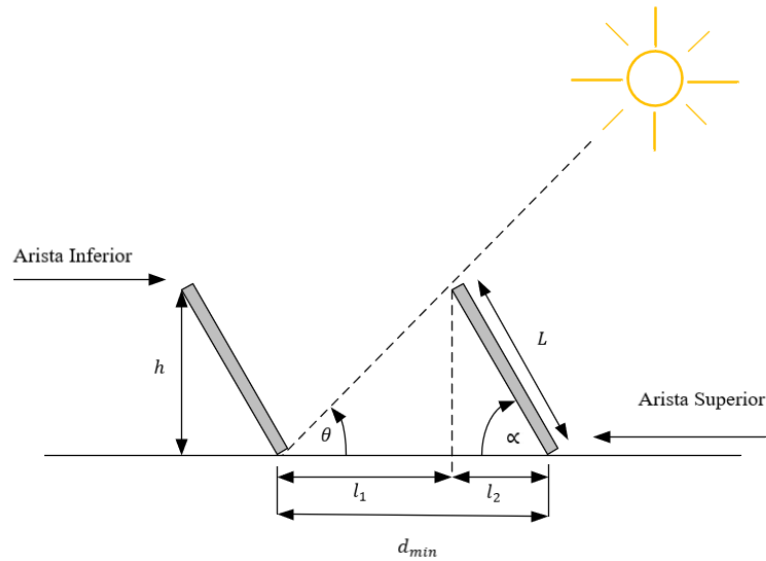


Figura 12. Esquema para el cálculo de la separación entre los paneles.
Elaborado por: Juan García.

2.28 Dimensionamiento por Áreas mediante simulación de Revit

En este caso se ha realizado una serie de simulaciones en Revit, que permita conocer el área factible para la instalación fotovoltaica, considerando el uso del 10 % del espacio físico como disponible para la instalación, donde el programa arrojó una serie de resultados que serán comparados con los obtenidos mediante los análisis de la cantidad de paneles en base al consumo. Para determinar la cantidad de paneles que se puede instalar con respecto al resultado arrojado por Revit, se usará la expresión (26).

$$C_{pR} = \frac{A_R}{A_p} \quad (26)$$

Donde:

A_R : El área considerada por las simulaciones en Revit [m²]

A_p : Área real del panel dependiendo el ángulo de inclinación de este [m²]

C_{pR} : Cantidad de paneles que se puede instalar en el área considerada por Revit

Sin embargo, para conocer el área real del panel es necesario realizar el siguiente cálculo a través de la expresión (27).

$$A_p = a_p * l_{p-a} \quad (27)$$

Donde:

a_p : Ancho del panel [m]

l_{p-a} : Largo del panel real respecto a la horizontal y al ángulo de inclinación de este [m]

A_p : Área real del panel dependiendo el ángulo de inclinación de este [m²]

2.29 Análisis de diseño, Sistema C.R para las zonas del C.E.P.S.B.

Para el cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos, se usará el estudio de consumo correspondiente a las Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20, Tabla 21 respectivamente, el cual contiene la energía consumida diariamente para cada una de las zonas.

Para este análisis de un sistema conectado a la red, se considerará dos tipos de paneles Monocristalino 350Wp/24V (Ver. Tabla 7) (Caso 1) y el panel Policristalino 275Wp/30V (Caso 2) para sistemas MPPT, cuyas características técnicas se describen en la Tabla 12.

Tabla 12. Características Panel Policristalino 275Wp (Caso 2)

Panel Solar:	Panel Policristalino 275Wp /30V
Potencia máxima (P_{max})	275 W
Tensión nominal (V_n)	30 V
Tensión en el punto máximo de potencia (V_{mp})	31,70 V
Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{mp})	8,68 A
Tensión a circuito abierto (V_{oc})	38,75 V
Intensidad de corto circuito (I_{sc})	9,11 A

Fuente: ECO GREEN ENERGY. [16]

2.30 Dimensionamiento de paneles solares para un sistema C.R.

Para el dimensionamiento de la cantidad de módulos a diferencia que, en un sistema aislado a la red, considera las características propias del panel fotovoltaico. La expresión (28) muestra cómo realizar el dimensionamiento de la cantidad de módulos necesarios. [30] ... [33]

$$C_{psR} = \frac{E_{req}}{V_{mp} * I_{mp} * HSP_{(mes\ desfavorable)}} \quad (28)$$

Donde:

I_{mp} : Intensidad en el punto máximo de potencia [A]

V_{mp} : Tensión en el punto máximo de potencia [V]

E_{req} : Energía requerida [Wh/día]

$HSP_{(mes\ desfavorable)}$: HSP del mes desfavorable [h/día]

C_{psR} : Cantidad de paneles solares para un sistema conectado a la red

Sin embargo, se utilizará el mismo modelamiento para la sección de inversores presentes en las Tabla 38, Tabla 39, Tabla 40 y Tabla 41 para la selección de la potencia mínima del inversor; pero se escogerán otros modelos o modelos similares que cumplan con la característica de MPPT para sistemas conectados a la red.

Para el dimensionamiento del número de cadenas en serie y paralelo, se usará las expresiones (29) y (30).

$$N_{seR} = \frac{V_{Inv\ prom}}{V_{mp}} \quad (29)$$

Donde:

V_{mp} : Tensión en el punto máximo de potencia [V]

$V_{Inv\ prom}$: Tensión del inversor promedio [V]

N_{seR} : Número de cadenas en serie para un sistema conectado a la red

$$N_{paR} = \frac{I_{Inv}}{I_{mp}} \quad (30)$$

Donde:

I_{mp} : Intensidad en el punto máximo de potencia [A]

I_{Inv} : Intensidad del inversor [A]

N_{paR} : Número de cadenas en paralelo para un sistema conectado a la red

Donde los valores de tensión del inversor e intensidad del inversor son los valores correspondientes a las especificaciones técnicas de este.

De la misma manera para comprobar que estos valores son adecuados, la tensión de los módulos en serie (31) no deben superar el rango de operación fotovoltaico del inversor y la corriente de los módulos en paralelo (32) no debe superar la corriente de salida máxima en continua del inversor.

$$V_{pse} = N_{seR} * V_{mp} \quad (31)$$

Donde:

N_{seR} : Número de cadenas en serie para un sistema conectado a la red

V_{mp} : Tensión en el punto máximo de potencia [V]

V_{pse} : Tensión de los paneles en serie [V]

$$I_{ppa} = N_{paR} * I_{mp} \quad (32)$$

Donde:

N_{paR} : Número de cadenas en paralelo para un sistema conectado a la red

I_{mp} : Intensidad en el punto máximo de potencia [A]

I_{ppa} : Intensidad de los paneles en paralelo [A]

Evidentemente todos estos valores serán redondeados de ser necesarios.

2.31 Dimensionamiento del Periodo de Rembolso.

Para la predicción del costo final de la instalación fotovoltaica, el diseño que considera la carga tendrá cierto valor. De esta manera el costo de la energía o kW instalado se obtiene a través de la expresión (33), los cuales serán reembolsados en un periodo de tiempo que se logra obtener a través de ecuación (34) que representa la energía mensual que generan los paneles durante su vida útil de aproximadamente 30 años. Para obtener el costo por consumo mensual de los paneles (35), es decir, el ahorro mensual en la energía que se obtendría por la instalación, teniendo en cuenta que el costo del kWh en ecuador es de \$0,10, se obtiene la cantidad de años en el cual se rembolsa el costo total de la instalación (36). [33] ... [36]

$$C_{kWi} = \frac{C_{ti}}{P_{cf}} \quad (33)$$

Donde:

C_{ti} : Costo total de la instalación fotovoltaica [\$]

P_{cf} : Potencia del campo fotovoltaico [kW]

c_{kW_i} : Costo del kW instalado [\$/kW]

$$E_{men} = \left[\frac{P_{max} * C_{psR} * 365 * 30 * HSP_{(mes\ desfavorable)}}{1000} \right] / 360 \quad (34)$$

Donde:

P_{max} : Potencia máxima del panel fotovoltaico [W]

$HSP_{(mes\ desfavorable)}$: HSP del mes desfavorable [h/día]

C_{psR} : Cantidad de paneles solares para un sistema conectado a la red

E_{men} : Energía generada mensual [kWh]

$$c_{pC} = E_{men} * c_{kWh(ecuador)} \quad (35)$$

Donde:

$c_{kWh(ecuador)}$: Costo de la energía [\$/kW]

E_{men} : Energía generada mensual [kWh]

c_{pC} : Costo por consumo [\$/]

$$Rem = \left[\frac{c_{ti}}{c_{pC}} \right] / 12 \quad (36)$$

Donde:

c_{ti} : Costo total de la instalación fotovoltaica [\$/]

c_{pC} : Costo por consumo [\$/]

Rem : Periodo de Rembolso [años]

CAPÍTULO III

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 Selección de alternativas

El análisis de alternativas para el diseño del sistema fotovoltaico estará basado en los niveles de irradiación solar de la ciudad de Quito y la demanda del centro de educación continua para la selección de una zona idónea para el establecimiento de un sistema fotovoltaico tanto si es aislado a la red como si es conectado a la red. De similar manera para un diseño eólico estará basado en la velocidad del viento. Para esto se consideran las siguientes alternativas.

3.2 Forma de selección

Se tomará en cuenta los siguientes indicadores como base para la selección en el diseño del sistema fotovoltaico más adecuado con respecto a una determina zona del centro de educación.

- 5 = Excelente
- 4 = Muy Bueno
- 3 = Bueno
- 2 = Regular
- 1 = Malo

3.3 Análisis de Factibilidad de Diseño para la selección del PV

Tabla 13. Factibilidad de diseño para la selección del sistema PV.

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	Niveles de irradiación solar en Quito.	5
2	Se deberá escoger una zona adecuada para la implementación del diseño del sistema fotovoltaico con respecto al espacio físico disponible.	4
3	De acuerdo a la demanda del centro de educación continua se pretende seleccionar una zona donde el consumo sea tal que permita obtener una cantidad óptima de paneles con respecto al espacio físico disponible.	4
4	Si el sistema será aislado a la red o conectado a la red	4
5	El costo total de la instalación, reembolso y ahorro.	5

Elaborado por: Juan García.

3.4 Factibilidad de Diseño para la selección del Sistema de Generación Eólica

Tabla 14. Factibilidad de diseño para la selección del sistema eólico

Alternativa	Análisis	Puntuación
1	Velocidad del viento en Quito	1
2	Se deberá escoger una zona adecuada para la implementación del diseño del sistema eólico con respecto al espacio físico disponible.	2
3	De acuerdo a la demanda del centro de educación continua se pretende seleccionar una zona donde el consumo sea tal que permita obtener una cantidad óptima de aerogeneradores con respecto al espacio físico disponible.	2
4	Si el sistema será aislado a la red o conectado a la red	1
5	El costo total de la instalación, reembolso y ahorro.	1

Elaborado por: Juan García

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE DISEÑO

4.1 HSP para la zona de Quito

Se ha observado que, para la zona de Quito, el promedio de horas solares pico más bajo se obtiene durante el mes de diciembre, por lo cual se procederá a ejemplificar a través de la expresión (1):

$$HSP = 13,428 * 0,95 * 0,93 * 0,2778 = 3,2957 [h]$$

De esta manera para el mes de enero a una latitud de -1 y un ángulo de inclinación del panel de 11°, se obtuvo 3,2957 horas de sol pico al día

Tabla 15. HSP promedio de Quito, inclinación de 0°

Mes	Insolación (MJ/m^2)	Factor atmosférico	Factor de inclinación	Constante	HSP
Enero	13,428	0,95	1	0,2778	3,5438
Febrero	14,328	0,95	1	0,2778	3,7813
Marzo	14,58	0,95	1	0,2778	3,8478
Abril	14,04	0,95	1	0,2778	3,7053
Mayo	13,464	0,95	1	0,2778	3,5533
Junio	12,492	0,95	1	0,2778	3,2968
Julio	13,356	0,95	1	0,2778	3,5248
Agosto	14,292	0,95	1	0,2778	3,7718
Septiembre	14,328	0,95	1	0,2778	3,7813
Octubre	13,572	0,95	1	0,2778	3,5818
Noviembre	13,968	0,95	1	0,2778	3,6863
Diciembre	13,644	0,95	1	0,2778	3,6008

Elaborado por: Juan García.

En este caso el mes con menos HSP corresponde al mes de junio.

Tabla 16. HSP promedio de Quito, inclinación de 11° (Óptimo)

Mes	Insolación (MJ/m^2)	Factor atmosférico	Factor de inclinación	Constante	HSP
Enero	13,428	0,95	0,93	0,2778	3,2957
Febrero	14,328	0,95	0,96	0,2778	3,6301
Marzo	14,58	0,95	0,99	0,2778	3,8093
Abril	14,04	0,95	1,02	0,2778	3,7794
Mayo	13,464	0,95	1,04	0,2778	3,6954
Junio	12,492	0,95	1,04	0,2778	3,4286
Julio	13,356	0,95	1,03	0,2778	3,6305
Agosto	14,292	0,95	1,02	0,2778	3,8472
Septiembre	14,328	0,95	0,99	0,2778	3,7435
Octubre	13,572	0,95	0,96	0,2778	3,4385
Noviembre	13,968	0,95	0,93	0,2778	3,4283
Diciembre	13,644	0,95	0,92	0,2778	3,3127

Elaborado por: Juan García.

En este caso el mes con menos HSP corresponde al mes de enero y se usaron coeficientes de inclinación a 10°.

Tabla 17. HSP promedio de Quito, inclinación de 20°

Mes	Insolación (MJ/m^2)	Factor atmosférico	Factor de inclinación	Constante	HSP
Enero	13,428	0,95	0,83	0,2778	2,9413
Febrero	14,328	0,95	0,88	0,2778	3,3275
Marzo	14,58	0,95	0,95	0,2778	3,6554
Abril	14,04	0,95	1,01	0,2778	3,7423
Mayo	13,464	0,95	1,05	0,2778	3,7309
Junio	12,492	0,95	1,06	0,2778	3,4946
Julio	13,356	0,95	1,04	0,2778	3,6658
Agosto	14,292	0,95	1,01	0,2778	3,8095
Septiembre	14,328	0,95	0,95	0,2778	3,5922
Octubre	13,572	0,95	0,89	0,2778	3,1878
Noviembre	13,968	0,95	0,84	0,2778	3,0965
Diciembre	13,644	0,95	0,81	0,2778	2,9166

Elaborado por: Juan García.

En este caso el mes con menos HSP corresponde al mes de diciembre.

La Figura 11. muestra de manera más visual la información referente a las Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17, que corresponde a la HSP Anual de Quito y el mes con menos incidencia de horas de sol respectivamente.

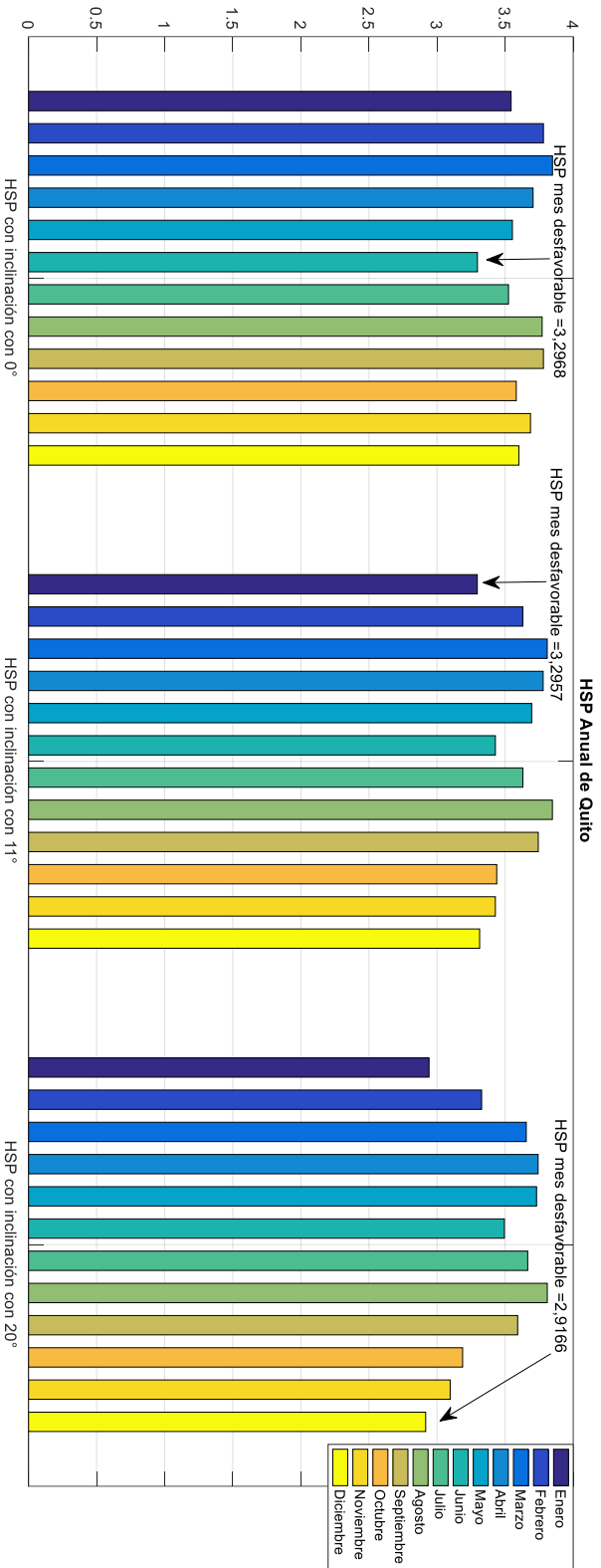


Figura 13. HSP promedio de Quito, inclinación de 0°, 11° y 20°.

Elaborado por: Juan García

4.2 Análisis del diseño de un sistema A.R por zonas (Estudio de Carga)

Para el análisis de las horas que se usará para cada uno de los aparatos eléctricos dentro de cada una de las áreas del C.E.P.S.B (Anexo 1.), se tomó en cuenta el factor de utilización propuesto en el estudio de cargas, esto será para una jornada de ocho horas al día en las zonas de mayor concurrencia y de seis horas para las zonas de menor concurrencia durante los cinco días laborales para zonas de alta concurrencia y de tres días para las zonas de baja concurrencia, que se tomaron en consideración como las peores condiciones de trabajo para dichas cargas.

Tabla 18. Consumo de la Zona del Auditorio

Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
Luminaria	70	35	6	3	44100
Proyector	4	1200	4,2	2	40320
Computadora	30	350	2,4	2	50400
Audio-video	10	100	6	3	18000
Impresora	6	900	1,8	1	9720
Calefactor	6	800	4,8	3	69120
Exteriores	20	80	3,6	2	11520
Varios	10	60	4,8	2	5760
				Wh/semana	248940
				Wh/día	35562,85714

Elaborado por: Juan García.

Como se puede observar en la Tabla 18. el consumo total de la zona del Auditorio corresponde a 35562,86 Wh/día, siendo esta la zona de menor consumo, especificada en el estudio de carga (Anexo 1).

Tabla 19. Consumo de la Zona Administrativa - Aulas

Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
Luminaria	150	25	8	5	150000
Proyector	10	1200	5,6	4	268800
Computadora	120	350	3,2	5	672000
Audio-video	60	50	3,2	4	38400
Impresora	8	150	2,4	5	14400
Exteriores	10	80	8	4	25600
Centro de datos	1	200	8	5	8000
Varios	10	50	6,4	4	12800
				Wh/semana	1190000
				Wh/día	170000

Elaborado por: Juan García.

Como se puede observar en la Tabla 19. el consumo total de la zona del Administrativo – Aulas corresponde a 170000 Wh/día.

Tabla 20. Consumo de la Zona del Taller Artesanal

Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
Luminaria	60	60	8	5	144000
Torno	10	350	6,4	4	89600
Fresadora	5	350	6,4	4	44800
Cepilladora	3	240	7,2	4	20736
Soldadora 1	5	4500	7,2	3	486000
Soldadora 2	8	6000	7,2	3	1036800
Amoladora	10	80	7,2	3	17280
Cortadora	5	250	6,4	3	24000
Taladro	5	180	6,4	3	17280
Guillotina	3	200	5,6	3	10080
Proyector	5	1200	4,8	5	144000
CNC	3	900	6,4	4	69120
Varios	10	80	8	4	25600
Exteriores	20	100	6,4	5	64000
				Wh/semana	1863216
				Wh/día	266173,7143

Elaborado por: Juan García.

Como se puede observar en la Tabla 20. , el consumo total de la zona del Taller Artesanal corresponde a 266173,71 Wh/día, siendo esta zona la de mayor consumo de todas las zonas, especificadas en el estudio de carga (Anexo 1).

Tabla 21. Consumo de la Zona del Comunitario

Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
Luminaria	40	75	8	5	120000
Audio-video	3	80	6,4	4	6144
Cocina	2	15000	6	5	900000
Microondas	6	800	6	5	144000
Exteriores	25	80	8	5	80000
Varios	5	50	6,4	4	6400
				Wh/semana	1169200
				Wh/día	167028,5714

Elaborado por: Juan García.

Como se puede observar en la Tabla 21. el consumo total de la zona del Comunitario corresponde a 167028,57 Wh/día.

Evidentemente las zonas de mayor consumo van a corresponder al Taller Artesanal donde existe una mayor cantidad de elementos que consumen una potencia bastante considerable para seguirle a la zona del Administrativo – Aulas, el Comunitario y la zona del Auditorio que es la de menor consumo.

4.3 Rendimiento Global

Para el cálculo del rendimiento de cada zona del C.E.P.S.B., se usará la expresión (4), correspondiente al Capítulo 2.

Tabla 22. Rendimiento Global del Auditorio

Coficiente	Descripción	Valor:
Kb	Acumulados nuevos sin descargas intensas	0,05
Ka	Baterías estacionarias de energía solar	0,005
Kc	Rendimiento inversor 95%	0,05
Kr	Controlador de carga eficiente	0,1
Kv	Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos	0,15
Pd	Batería descargada hasta el 60%	0,6
N	Auditorio	3
R	Rendimiento global de la instalación	0,6338

Elaborado por: Juan García.

Se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones en base a la descripción de cada uno de los coeficientes, siendo para esta zona el rendimiento equivalente a $R = 0,6338$, expresado en porcentaje sería un rendimiento de 63,38 %, siendo esta zona la de mayor rendimiento global.

Tabla 23. Rendimiento Global del Administrativo – Aulas

Coficiente	Descripción	Valor:
Kb	Acumulados nuevos sin descargas intensas	0,05
Ka	Baterías estacionarias de energía solar	0,005
Kc	Rendimiento inversor 95%	0,05
Kr	Controlador de carga eficiente	0,1
Kv	Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos	0,15
Pd	Batería descargada hasta el 60%	0,6
N	Administrativo Aulas	5
R	Rendimiento global de la instalación	0,6229

Elaborado por: Juan García.

Para la zona del Administrativo – Aulas, el rendimiento es equivalente a $R = 0,6229$, expresado en porcentaje sería un rendimiento de 62,29 %.

Tabla 24. Rendimiento Global del Taller Artesanal

Coficiente	Descripción	Valor:
Kb	Acumulados nuevos sin descargas intensas	0,05
Ka	Baterías estacionarias de energía solar	0,005
Kc	Rendimiento inversor 95%	0,05
Kr	Controlador de carga eficiente	0,1
Kv	Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos	0,15
Pd	Batería descargada hasta el 60%	0,6
N	Talleres	5
R	Rendimiento global de la instalación	0,6229

Elaborado por: Juan García.

Para la zona del Taller Artesanal el rendimiento es equivalente a $R = 0,6229$, expresado en porcentaje sería un rendimiento de 62,29 %.

Tabla 25. Rendimiento Global del Comunitario

Coficiente	Descripción	Valor:
Kb	Acumulados nuevos sin descargas intensas	0,05
Ka	Baterías estacionarias de energía solar	0,005
Kc	Rendimiento inversor 95%	0,05
Kr	Controlador de carga eficiente	0,1
Kv	Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos	0,15
Pd	Batería descargada hasta el 60%	0,6
N	Talleres	5
R	Rendimiento global de la instalación	0,6229

Elaborado por: Juan García.

Para la zona del Comunitario, el rendimiento es equivalente a $R = 0,6229$, expresado en porcentaje sería un rendimiento de 62,29 %.

4.4 Análisis de paneles, inclinación de 0° para un Sistema A.R

Se usarán las expresiones correspondientes a las ecuaciones (5) – (11) para el cálculo de la cantidad de paneles correspondientes al Capítulo 2.

Tabla 26. Paneles a inclinación de 0°, Sistema A.R

Zona:	Paneles-Caso 1	Paneles-Caso 2
Auditorio	78	131
Administrativo - Aulas	382	636
Taller Artesanal	597	996
Comunitario	375	625

Elaborado por: Juan García.

Como se podría deducir, las zonas que tienen un mayor consumo energético serán aquellas que requieran un mayor número de paneles con relación a las zonas de menor consumo tanto para el (Caso 1) especificado en la Tabla 7 y el (Caso 2) especificado en la Tabla 8. Por esta razón, se podría concluir que a medida que el consumo aumenta se requería una mayor cantidad de paneles para alimentar dicha demanda y que un panel fotovoltaico con un mayor pico de potencia permitirá disminuir el número de paneles totales independientemente de la tecnología que manejen sean monocristalinos o policristalinos; sin embargo, los monocristalinos tienden a tener una mayor potencia pico en específico cuando los paneles se encuentran a 0°. El caso con mayor número de paneles se da en Taller Artesanal (Caso 2) con un total de 996 paneles Tabla 26 y el caso que requiere menor cantidad de paneles corresponde a la zona del Auditorio (Caso 1) con 78 paneles Tabla 26. Con respecto a la tensión del sistema, se pretende mantenerla en la mayoría de los casos a 48 V; sin embargo, al mantener este parámetro

de diseño, debido a que comercialmente los inversores o reguladores de carga pueden presentar esta característica, la corriente de campo fotovoltaica será variante y alcanzará valores bastante considerables por lo cual es necesario tomar en cuenta que los valores de reguladores de carga o inversores que soporten toda esta corriente.

4.5 Análisis de paneles, inclinación de 11° para un Sistema A.R

Es destacable que al tratarse de una inclinación mínima en el panel, se obtendrá resultados similares, que en el caso a una inclinación a 0°, inciso 4.4, donde se mantienen los mismos casos de cantidad de paneles en este caso del Taller Artesanal (Caso 2) con un total de 997 paneles, es decir, aumentó un panel, Tabla 27 mientras que el caso con menor número de paneles se mantiene igual, el que corresponde a la zona del Auditorio con 78 paneles . Evidentemente se mantiene el mismo parámetro de diseño para la salida de la tensión a 48 V mientras que la corriente de campo también sufrirá pequeñas variantes con respecto al caso con una inclinación a a 0°. Sin embargo, por motivos estéticos propios de la edificación se puede pedir que los paneles sean de cierta manera visibles o, por el contrario, no, por lo cual esta inclinación aporta la visibilidad o no necesaria que pueda requerir el diseño o pedido en sí.

Tabla 27. Paneles a una inclinación de 11°, Sistema A.R

Zona:	Paneles-Caso 1	Paneles-Caso 2
Auditorio	78	131
Administrativo - Aulas	382	637
Taller Artesanal	598	997
Comunitario	375	625

Elaborado por: Juan García.

4.6 Análisis de paneles, inclinación de 20°, para un Sistema A.R

En este caso al tratarse de una inclinación mayor en los paneles por motivos estéticos , puesto que en nuestro país es una inclinación típica usada comercialmente al momento de instalar paneles evidentemente en los diseños, se incrementará el número de paneles necesarios que los dos casos anteriores a una inclinación a 0°, inciso 4.4 y una inclinación a 11°, inciso 4.5. Sin embargo, se mantienen los mismos casos donde se presenta la mayor cantidad de paneles en este caso del Taller Artesanal (Caso 2) con un total de 1126 paneles, es decir, un aumento de 129 paneles, Tabla 28 y el caso con menor número de paneles se mantiene, el que corresponde a la zona del Auditorio con 89 paneles, aumentan 11 paneles con respecto a los casos donde la inclinación es menor, Tabla 26 y Tabla 27.

Tabla 28. Paneles a una inclinación de 20°, Sistema A.R.

Zona:	Paneles-Caso 1	Paneles-Caso 2
Auditorio	89	148
Administrativo - Aulas	431	719
Taller Artesanal	675	1126
Comunitario	424	707

Elaborado por: Juan García.

4.7 Análisis del regulador de Carga, inclinación de paneles a 0°

Para el cálculo del regulador en un sistema aislado a la red se usará la expresión (12), correspondiente al Capítulo 2.

Para la zona del Auditorio se obtuvo una intensidad de corriente mínima es 440,91 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A] a una tensión de sistema de 48 [V].

Mientras que para la zona del Administrativo Aulas. se obtuvo una intensidad de corriente mínima de 2144,31 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A]. En este caso, se puede realizar un arreglo de cinco reguladores de carga.

En la zona del Taller Artesanal la intensidad de corriente mínima es 3357,41 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A] a una tensión de sistema de 48 [V]. En este caso, se puede realizar un arreglo de ocho de reguladores de carga. Finalmente, para la zona del Comunitario la intensidad de corriente mínima es 2106,83 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A] a una tensión de sistema de 48 [V]. Se puede realizar un arreglo de cinco reguladores de carga.

4.8 Análisis del regulador de Carga, inclinación de paneles a 11°

En la zona del Auditorio se obtuvo una intensidad de corriente mínima es 390,19 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A] a una tensión de sistema de 48 [V].

En la zona del Administrativo Aulas la intensidad de corriente mínima es 1897,67 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A]. En este caso, se puede realizar un arreglo de cinco reguladores de carga.

Mientras que para la zona del Taller Artesanal la intensidad de corriente mínima es 2971,24 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A] a una tensión de sistema de 48 [V]. En este caso, se puede realizar un arreglo de siete reguladores de carga.

En la zona del Comunitario se obtuvo una intensidad de corriente mínima de 1864,50 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A] a una tensión de sistema de 48 [V]. En este caso, se puede realizar un arreglo de cuatro reguladores de carga.

4.9 Análisis del regulador de Carga, inclinación de paneles a 20°

Para estos casos donde la inclinación del panel fotovoltaico es la más pronunciada en relación con los incisos 4.7 y 4.8 se obtuvo una intensidad de corriente mínima de 440,91 [A] para la zona del Auditorio, por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A] a una tensión de sistema de 48 [V].

En la zona del Administrativo Aulas se obtuvo una intensidad de corriente mínima de 2144,31 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A]. En este caso, se puede realizar un arreglo de cinco reguladores de carga.

Mientras que para la zona del Taller Artesanal la intensidad de corriente mínima es 3357,41 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A] a una tensión de sistema de 48 [V]. En este caso, se puede realizar un arreglo de ocho reguladores de carga.

Al analizar la intensidad de corriente mínima en la zona del Comunitario se obtuvo un valor de 2106,83 [A], por lo cual se escogió el siguiente modelo de regulador a 440 [A] a una tensión de sistema de 48 [V]. En este caso, se puede realizar un arreglo de cuatro reguladores de carga.

4.10 Análisis del Banco de Baterías del Auditorio

Para el cálculo del banco de baterías en un sistema aislado a la red se usará la expresión (13) - (15), del Capítulo 2, tomando en cuenta baterías de gel, Tabla 9, que corresponde al (Caso 1), Tabla 10 correspondiente al (Caso 2) y Tabla 11 que corresponde al (Caso 3), donde cada caso corresponde a la capacidad individual de acumulación de la batería con respecto a los demás casos.

Tabla 29. Banco de Baterías del Auditorio (Caso 1)

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Capacidad de acumulación en banco de baterías [Ah]	5845,3085
Número de baterías totales:	156
Número de baterías en serie:	4
Número de baterías en paralelo:	39
Tensión del sistema [V]	48

Elaborado por: Juan García.

Tabla 30. Banco de Baterías del Auditorio (Caso 2)

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Capacidad de acumulación en banco de baterías [Ah]	5845,3085
Número de baterías totales:	428
Número de baterías en serie:	4
Número de baterías en paralelo:	107
Tensión del sistema [V]	48

Elaborado por: Juan García.

Tabla 31. Banco de Baterías del Auditorio (Caso 3)

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Capacidad de acumulación en banco de baterías [Ah]	5845,3085
Número de baterías totales:	3344
Número de baterías en serie:	4
Número de baterías en paralelo:	836
Tensión del sistema [V]	48

Elaborado por: Juan García.

Es evidente predecir que el (Caso 1), donde la capacidad de acumulación individual de la batería es mayor a 150 Ah, dará como resultado que el número de baterías totales sea mucho menor. En este caso en específico se requeriría un total de 156 baterías, Tabla 29, manteniendo como parámetro una tensión de sistema de 48 V, para lo cual se escogió un arreglo de 39 cadenas en paralelo y 4 cadenas en serie; sin embargo, estas baterías resultan tener un costo mayor en relación con las que tiene una capacidad de acumulación inferior, puesto que cuando la capacidad de acumulación resulta ser inferior, se requeriría un mayor número de baterías lo cual aumentaría sustancialmente el costo de la instalación final, como lo es el (Caso 2), Tabla 30, y (Caso 3), Tabla 31, donde este caso tiene el mayor número de baterías, dando un total de 3344 baterías de 7 Ah.

4.11 Análisis del Banco de Baterías del Administrativo – Aulas

Para el análisis del banco de baterías necesario para esta zona, se omitió el (Caso 3), Tabla 11, debido a que la energía requerida al ser mucho mayor, se incrementa sustancialmente el número de baterías totales, lo cual es una limitante debido a que el espacio físico para la instalación de dicha cantidad de baterías no está disponible dentro del C.E.P.S.B, donde al igual que en la zona del Auditorio, el (Caso 1), donde la capacidad de acumulación individual de la batería es mayor, 150 Ah, da como resultado un total de 1264 baterías, Tabla 32, manteniendo como parámetro una tensión de sistema de 48 V, para lo cual se escogió un arreglo de 316 cadenas en

paralelo y 4 cadenas en serie y el (Caso 2), Tabla 33, donde este caso tiene el mayor número de baterías, dando un total de 3448 baterías de 55 Ah.

Tabla 32. Banco de Baterías del Administrativo - Aulas (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Capacidad de acumulación en banco de baterías [Ah]	47380,1561
Número de baterías totales:	1264
Número de baterías en serie:	4
Número de baterías en paralelo:	316
Tensión del sistema [V]	48

Elaborado por: Juan García.

Tabla 33. Banco de Baterías del Administrativo - Aulas (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Capacidad de acumulación en banco de baterías [Ah]	47380,1561
Número de baterías totales:	3448
Número de baterías en serie:	4
Número de baterías en paralelo:	862
Tensión del sistema [V]	48

Elaborado por: Juan García.

4.12 Análisis del Banco de Baterías del Taller Artesanal

En el caso para la zona del Taller Artesanal, también se omitirá el (Caso 3), Tabla 11, siendo esta zona la de mayor consumo energético, se consideró que es inviable dimensionar con el banco de baterías con este tipo de batería, donde la menor cantidad de baterías se obtiene para el (Caso 1), dando un total de 1980 baterías, Tabla 34, manteniendo como parámetro una tensión de sistema de 48 V, para lo cual se escogió un arreglo de 495 cadenas en paralelo y 4 cadenas en serie, y el (Caso 2), Tabla 35, siendo el caso con un mayor número de baterías, dando un total de 3448 baterías de 55 Ah.

Tabla 34. Banco de Baterías del Taller Artesanal (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Capacidad de acumulación en banco de baterías [Ah]	74184,4243
Número de baterías totales:	1980
Número de baterías en serie:	4
Número de baterías en paralelo:	495
Tensión del sistema [V]	48

Elaborado por: Juan García.

Tabla 35. Banco de Baterías del Taller Artesanal (Caso 2)

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Capacidad de acumulación en banco de baterías [Ah]	74184,4243
Número de baterías totales:	5396
Número de baterías en serie:	4
Número de baterías en paralelo:	1349
Tensión del sistema [V]	48

Elaborado por: Juan García.

4.13 Cálculo del Banco de Baterías del Comunitario

De manera similar que los casos anteriores, se omitirá el (Caso 3), Tabla 11, donde la menor cantidad de baterías se obtiene para el (Caso 1), dando un total de 1244 baterías, Tabla 36, manteniendo como parámetro una tensión de sistema de 48 V, para lo cual se escogió un arreglo de 311 cadenas en paralelo y 4 cadenas en serie y el (Caso 2), Tabla 37, siendo el caso con un mayor número de baterías, dando un total de 3388 baterías de 55 Ah.

Tabla 36. Banco de Baterías del Comunitario (Caso 1)

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Capacidad de acumulación en banco de baterías [Ah]	46551,9987
Número de baterías totales:	1244
Número de baterías en serie:	4
Número de baterías en paralelo:	311
Tensión del sistema [V]	48

Elaborado por: Juan García.

Tabla 37. Banco de Baterías del Comunitario (Caso 2)

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Capacidad de acumulación en banco de baterías [Ah]	46551,9987
Número de baterías totales:	3388
Número de baterías en serie:	4
Número de baterías en paralelo:	847
Tensión del sistema [V]	48

Elaborado por: Juan García.

4.14 Cálculo del Inversor del Auditorio.

Para el cálculo del inversor en un sistema aislado a la red se usará la expresión (16) - (17), correspondiente al Capítulo 2, tomando en cuenta para la selección de un inversor que se encuentre en el mercado el cálculo obtenido de la potencia mínima del inversor el cual se puede observar en la Tabla 38.

Tabla 38. Cálculo del Inversor del Auditorio

Descripción	Número	P(W)	Factor de simultaneidad	Potencia simultanea
Luminaria	70	35	0,9	2205
Proyector	4	1200	0,45	2160
Computadora	30	350	0,4	4200
Audio-video	10	100	0,6	600
Impresora	6	900	0,5	2700
Calefactor	6	800	0,4	1920
Exteriores	20	80	1	1600
Varios	10	60	0,45	270
Potencia demandada simultanea [W]:				15655
Potencia mínima del inversor [W]:				18786

Elaborado por: Juan García.

Para la zona del Auditorio, se requerirá un inversor de 20 [kW] a 48 [V], que generalmente es el que se encuentra comercialmente o uno de similares características.

4.15 Cálculo del Inversor del Administrativo – Aulas

Se mantendrá los mismos parámetros que el inciso anterior, donde la potencia mínima del inversor se la puede observar en la Tabla 39.

Para la Zona del Administrativo – Aulas se requeriría un inversor de 35 [kW] a 48 [V] o de similares características; sin embargo, este inversor con estas características comercialmente es complicado de encontrar, por lo cual se puede tomar en cuenta un inversor de 50 [kW] con tensión de entrada regulable, puesto que específicamente a 48 [V] resulta complejo encontrarlo.

Tabla 39. Cálculo del Inversor del Administrativo – Aulas

Descripción	Número	P(W)	Factor de simultaneidad	Potencia simultanea
Luminaria	150	25	0,6	2250
Proyector	10	1200	0,45	5400
Computadora	120	350	0,4	16800
Audio-video	60	50	0,4	1200
Impresora	8	150	0,5	600
Exteriores	10	80	1	800
Centro de datos	1	200	1	200
Varios	10	50	0,45	225
Potencia demandada simultánea [W]:				27475
Potencia mínima del inversor [W]:				32970

Elaborado por: Juan García.

4.16 Cálculo del Inversor del Taller Artesanal

Se puede observar que esta zona en específico, debido a su alto consumo energético, se tiene la potencia del inversor más alta como se observa en la Tabla 40.

Tabla 40. Cálculo del Inversor del Taller Artesanal

Descripción	Número	P(W)	Factor de simultaneidad	Potencia simultánea
Luminaria	60	60	0,8	2880
Torno	10	350	0,75	2625
Fresadora	5	350	0,75	1312,5
Cepilladora	3	240	0,65	468
Soldadora 1	5	4500	0,75	16875
Soldadora 2	8	6000	0,75	36000
Amoladora	10	80	0,45	360
Cortadora	5	250	0,6	750
Taladro	5	180	0,5	450
Guillotina	3	200	0,6	360
Proyector	5	1200	0,4	2400
CNC	3	900	0,5	1350
Varios	10	80	1	800
Exteriores	20	100	0,45	900
Potencia demandada simultánea [W]:				67530,5
Potencia mínima del inversor [W]:				81036,6

Elaborado por: Juan García.

Para la Zona del Taller Artesanal, se requeriría un inversor de 100 [kW] a 48 [V] o de similares características, tomando en cuenta la entrada de tensión del sistema.

4.17 Cálculo del Inversor del Comunitario

Se tomará en cuenta los mismos parámetros de diseño, que en los casos anteriores donde la potencia mínima del inversor para esta zona se observa en la Tabla 41. Para la Zona del Comunitario se requeriría un inversor de 35 [kW] a 48 [V] o un inversor de 50 [kW] con tensión de entrada regulable o de características similares.

Tabla 41. Cálculo del Inversor del Comunitario

Descripción	Número	P(W)	Factor de simultaneidad	Potencia simultánea
Luminaria	40	75	0,6	1800
Audio-video	3	80	0,6	144
Cocina	2	15000	0,6	18000
Microondas	6	800	0,75	3600
Exteriores	25	80	1	2000
Varios	5	50	0,45	112,5
Potencia demandada simultánea [W]:				25656,5
Potencia mínima del inversor [W]:				30787,8

Elaborado por: Juan García.

4.18 Análisis de la sección del cable, inclinación de panel 0° para un Sistema

A.R

Para el cálculo de la sección del cable en un sistema aislado a la red, se usarán las expresiones de la (18) - (19), correspondientes al Capítulo 2.

Tabla 42. Sección del cable a una inclinación de 0°, Sistema A.R.

Zona	Panel- Regulador	Regulador - Baterías	Baterías - Inversor
Auditorio	25m x (500MCM)	5m x (1/0)	2m x (500MCM)
Talleres	25m x (2AWG/60 circ.)	5m x (750MCM)	2m x (3/0)
Administrativo - Aulas	25m x (4AWG/60 circ.)	5m x (350MCM)	2m x (1/0)
Comunitario	25m x (4AWG/60 circ.)	5m x (250MCM)	2m x (2AWG)

Elaborado por: Juan García.

Se considerará como las secciones de análisis el dimensionamiento del cable que va de los paneles hacia el regulador, del regulador al banco de baterías y del banco de baterías hacia el inversor, considerando una caída de tensión del 3%. Para el caso de la zona del Auditorio, se obtiene los resultados de la Tabla 42, donde debido a las altas salidas de corriente se requerirá calibres de conductores bastante considerables como es el caso del cable necesario que va desde el banco de baterías hacia el inversor, el cual requiere un conductor de 500 MCM debido a su alta intensidad de salida; sin embargo, estos calibres son demasiado altos por lo cual en el resto de casos se optó por dividir los circuitos para obtener calibres menores y aceptables como en el caso de la zona de Talleres. En el caso del cable del panel hacia el regulador de carga, se requiere un conductor de calibre 2 AWG el cual se lo dividirá entre 60 circuitos en paralelo para obtener un menor calibre de conductor; sin embargo, debido a que se incrementan los costos, producto de los grandes calibres de conductores, sería uno de los motivos por los cuales se van descartando estos diseños, debido a que es necesario minimizar los costos por requerimientos del C.E.P.S.B, puesto que para motivos prácticos y de análisis, se obtuvo el dimensionamiento del calibre de dichos conductores, teniendo resultados similares para la zona del Administrativo – Aulas, y zona del Comunitario.

4.19 Análisis de la sección del cable inclinación de panel 11° para un Sistema A.R

Para el cálculo de la sección del cable en un sistema aislado a la red se usarán las expresiones de la (18) - (19) correspondientes al Capítulo 2.

Tabla 43. Sección del cable a una inclinación de 11°, Sistema A.R.

Zona	Panel- Regulador	Regulador - Baterías	Baterías - Inversor
Auditorio	25m x (500MCM)	5m x (1/0)	2m x (500MCM)
Talleres	25m x (2AWG/60 circ.)	5m x (750MCM)	2m x (3/0)
Administrativo - Aulas	25m x (4AWG/60 circ.)	5m x (500MCM)	2m x (1/0)
Comunitario	25m x (4AWG/60 circ.)	5m x (250MCM)	2m x (2AWG)

Elaborado por: Juan García.

Para este caso se considerará los mismos parámetros diseños que el inciso anterior, tomando en cuenta la misma caída de tensión donde para el caso de la Zona del Auditorio se obtiene los resultados de la Tabla 43 y de similar manera que el inciso anterior se mantiene el mismo calibre de conductor, 500 MCM. En este caso para el dimensionamiento del cable necesario dependiendo de cada una de las zonas a una inclinación de panel de 11°, los resultados obtenidos en la correspondiente zona de Talleres, Zona de Administrativo Aulas y Zona del Comunitario tienden a ser muy similares o iguales a los obtenidos en el ejemplo a una inclinación de 0°, puesto que las corrientes de salida de campo fotovoltaico tienden a ser muy parecidas.

4.20 Análisis de la sección del cable, inclinación panel 20° para un Sistema A.R

Para el cálculo de la sección del cable en un sistema aislado a la red, se usarán las expresiones de la (18) - (19) del Capítulo 2.

Se puede observar que, a una inclinación de panel mucho mayor, la corriente de campo fotovoltaica se incrementó entre un 12% y 13 % aproximadamente para cada uno de los casos; sin embargo, el calibre del conductor seleccionado comercialmente es capaz de soportar dichas corrientes a pesar de su incremento como es el caso de la Zona del Auditorio. Se obtiene los resultados de la Tabla 44 y de similar manera que los ejemplos anteriores se mantiene el mismo calibre de conductor, 500 MCM, lo mismo sucederá para la zona de Talleres, Zona de Administrativo Aulas y Zona del Comunitario.

Tabla 44. Sección del cable a una inclinación de 20°, Sistema A.R.

Zona	Panel- Regulador	Regulador - Baterías	Baterías - Inversor
Auditorio	25m x (500MCM)	5m x (1/0)	2m x (500MCM)
Talleres	25m x (2AWG/60 circ.)	5m x (8AWG/60 circ.)	2m x (3/0)
Administrativo - Aulas	25m x (4AWG/60 circ.)	5m x (500MCM)	2m x (1/0)
Comunitario	25m x (4AWG/60 circ.)	5m x (250MCM)	2m x (2AWG)

Elaborado por: Juan García.

4.21 Análisis de la separación entre paneles Mono. 350Wp

Para el cálculo de la separación entre paneles se usarán las expresiones de la (20) - (25), correspondientes al Capítulo 2.

Tabla 45. Separación (panel monocristalino 350 Wp)

Angulo [°]	Distancia entre paneles [m]
0	0
11	0,0374
20	0,1282

Elaborado por: Juan García.

Es destacable resaltar que a medida que los paneles tienen una mayor inclinación, se genera un mayor sombreado entre estos, por lo cual para evitar dicha sombra incidente sobre una cadena de paneles, es necesario darles una separación mínima como se observa en la Figura 12, donde la mayor distancia de separación entre paneles se alcanza evidentemente a una inclinación de 20°, donde la separación es de 0,13 [m] como se observa en la Tabla 45, siendo la menor separación la obtenida con la inclinación a 11° con una separación de 0,04 [m] y sin separación por sombra incidente cuando tiene una inclinación a 0°. Esto debido a las características propias de este panel en específico detallado en las tablas mencionadas.

4.22 Análisis de la separación entre paneles Poli. 200Wp

Para el cálculo de la separación entre paneles, se usarán las expresiones de la (20) - (25), correspondiente al Capítulo 2.

Tabla 46. Separación (panel policristalino 200 Wp)

Angulo [°]	Distancia entre paneles [m]
0	0
11	0,0246
20	0,0847

Elaborado por: Juan García.

A medida que la dimensión de un panel es menor, la separación entre paneles será mucho menor. Este tipo de paneles, al tener unas dimensiones menores que un modelo monocristalino, tendrá una distancia de separación entre paneles a una inclinación de 20° de 0,08 [m] en comparación con el ejemplo monocristalino a una misma inclinación que alcanza los 0,13 [m] como se observa en la Tabla 45, manteniendo la misma tendencia, ya que es la menor separación obtenida con la inclinación a 11° con una separación de 0,03 [m] y sin separación por sombra incidente cuando tiene una inclinación a 0°.

4.23 Análisis de la separación entre paneles Poli. 275Wp

Para el cálculo de la separación entre paneles se usarán las expresiones de la (20) -(25) correspondiente al Capítulo 2.

Tabla 47. Separación (panel policristalino 275 Wp)

Angulo [°]	Distancia entre paneles [m]
0	0
11	0,0306
20	0,1053

Elaborado por: Juan García.

En este caso debido a que las dimensiones del panel eran mucho mayores que la de un panel de 200 Wp, se puede deducir que conforme el panel incrementa su potencia, también incrementará sus dimensiones y, por lo tanto, su separación para evitar sombreados entre estos. Es así que tendrá una distancia de separación entre paneles a una inclinación de 20° de 0,11 [m] en comparación con el ejemplo policristalino anterior a una misma inclinación que alcanza los 0,08 [m] como se observa en la Tabla 46, manteniendo la misma tendencia, ya que es la menor separación obtenida con la inclinación a 11° con una separación de 0,03 [m] y sin separación por sombra incidente cuando tiene una inclinación a 0°.

4.24 Cálculo por Áreas, Simulación de Revit

Para el cálculo del regulador en un sistema aislado a la red se usará la expresión (26) -(27) correspondiente al Capítulo 2.

Tabla 48. Dimensiones de los Domos - Auditorio

Dimensiones de la Zona de Domos - Auditorio	
Largo [m]	40,3707
Ancho [m]	14,3795
Altura media [m]	8,55
División entre domos [m]	13,4569
Ángulo medio del domo [°]	17
Área Total de los domos [m ²]	580,5105
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica en la sección de los domos [m ²]	53

Elaborado por: Juan García.

Tabla 49. Dimensiones de Talleres

Dimensiones de la Zona de Talleres	
Largo [m]	30,4928
Ancho [m]	27,1806
Altura media [m]	8,55
Área Total de los talleres [m ²]	828,8126
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica en la sección de los talleres [m ²]	74

Elaborado por: Juan García.

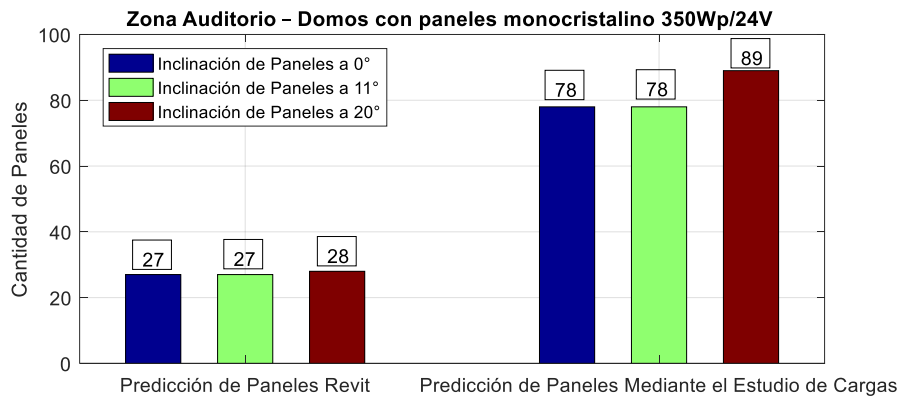
Tabla 50. Dimensiones de Talleres y Domos

Dimensiones de la Zona de Talleres	
Altura media [m]	8,55
Área Total de los talleres y domos [m^2]	1409,3231
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica en la sección de los talleres [m^2]	126,83

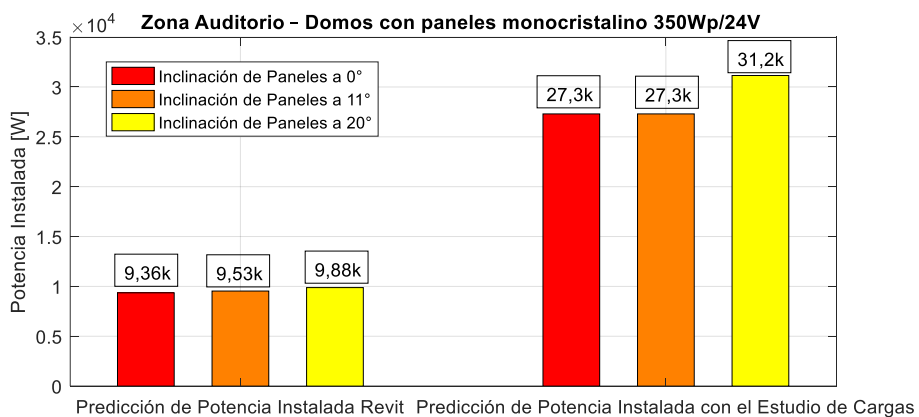
Elaborado por: Juan García.

En este caso para el área que considera Revit para una posible instalación es del 10 % del espacio físico disponible por motivos de estética y de posibles instalaciones que puedan ir sobre el techo de cada una de las partes analizadas. Esto se puede modificar dentro de Revit. Sin embargo, se escogió esto como un parámetro de diseño, evitando de esta manera romper la estética del edificio y evitar posibles sobre cargas de pesos sobre la estructura donde se pretende realizar el diseño.

4.25 Comparativa Revit / Estudio de Carga Auditorio (Mono. 350Wp/A.R)



(a)



(b)

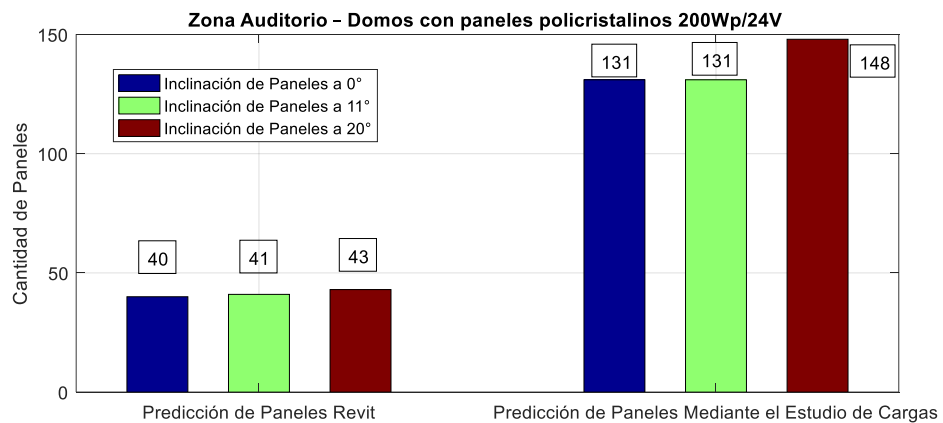
Figura 14. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Auditorio (Mono.350Wp). A.R

Elaborado por: Juan García.

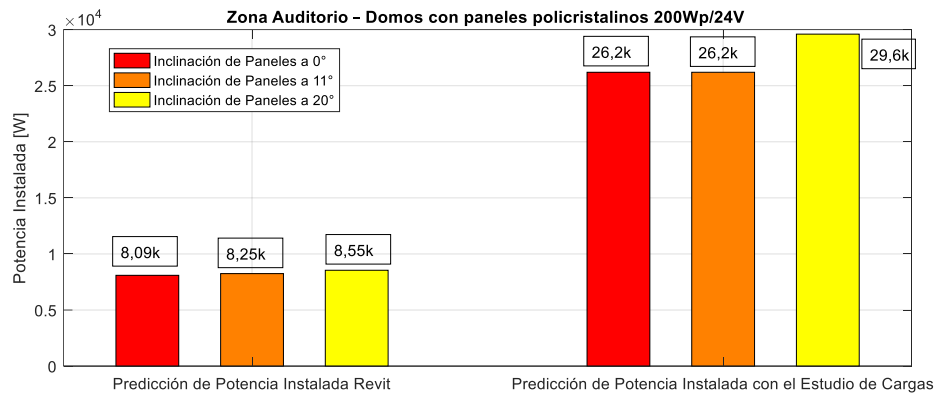
En este caso tanto la predicción arrojada por Revit, mediante el dimensionamiento o calculo por áreas, no se acerca a la predicción y análisis realizado mediante el estudio de cargas, donde se puede observar que Revit arroja un máximo de 28 paneles que se puede instalar sobre la zona del Auditorio – Domos; sin embargo, al realizar el cálculo mediante el estudio de las cargas en el edificio, se observó una predicción de 78 paneles, por lo cual se puede inferir que este diseño no resulta viable por el motivo del espacio físico disponible, siendo una de las razones por las que se desechó este tipo de diseños, donde la potencia instalada mínima es insuficiente para la zona del Auditorio – Domos debido a toda la carga que maneja y al espacio físico disponible tomado como parámetro al momento de realizar el diseño. En la Figura 14. se da un detalle más amplio de la cantidad de paneles arrojadas a determinada inclinación anteriormente planteada, así como la predicción de potencia instalada sobre la zona, dando mayor detalle a los cálculos planteado anteriormente, Figura 14. (b).

En las siguientes comparativas se observará algo similar, dando hincapié en la inviabilidad de plantear un sistema aislado a la red de gran tamaño para el C.E.P.S.B., puesto que al inicio se buscó un diseño que pudiera alimentar una demanda considerable del centro; sin embargo, debido a los parámetros de diseño planteados y al tema de costos, poco a poco los diseños de los sistemas aislados a la red se fueron descartando.

4.26 Comparativa Revit / Estudio de Carga Auditorio (Poli. 200Wp/A.R)



(a)

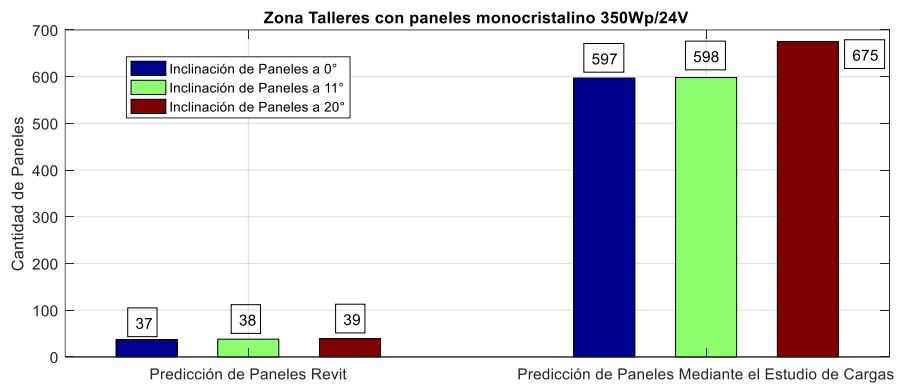


(b)

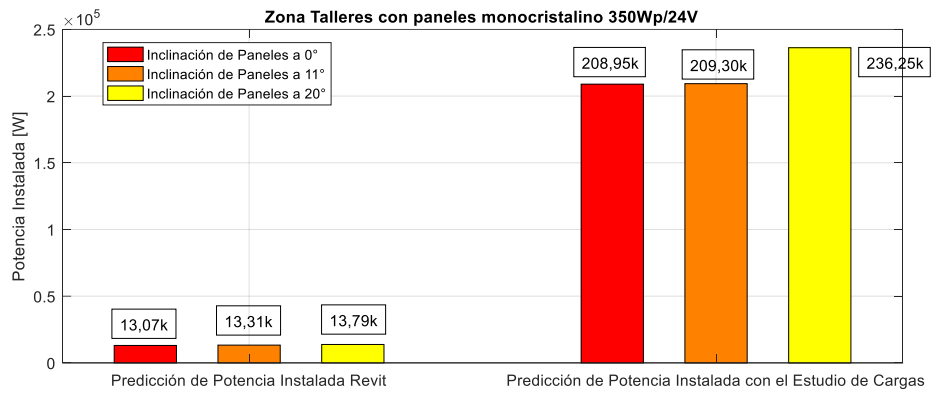
Figura 15. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Auditorio (Poli.200Wp). A.R

Al ser el panel policristalino de un menor tamaño, se puede instalar una mayor cantidad de paneles sobre la misma zona del Auditorio – Domos; sin embargo, el estudio de cargas también arrojará una mayor cantidad de paneles para cubrir la misma demanda, obteniendo resultados similares con respecto a las Figura 14. en relación con las Figura 15. que corresponde a este caso.

4.27 Comparativa Revit / Estudio de Carga Talleres (Mono. 350Wp/A.R)



(a)



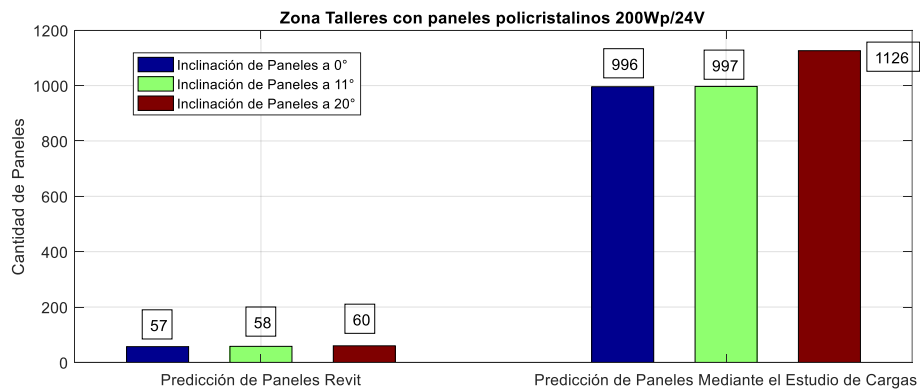
(b)

Figura 16. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Talleres (Mono.375Wp). A.R

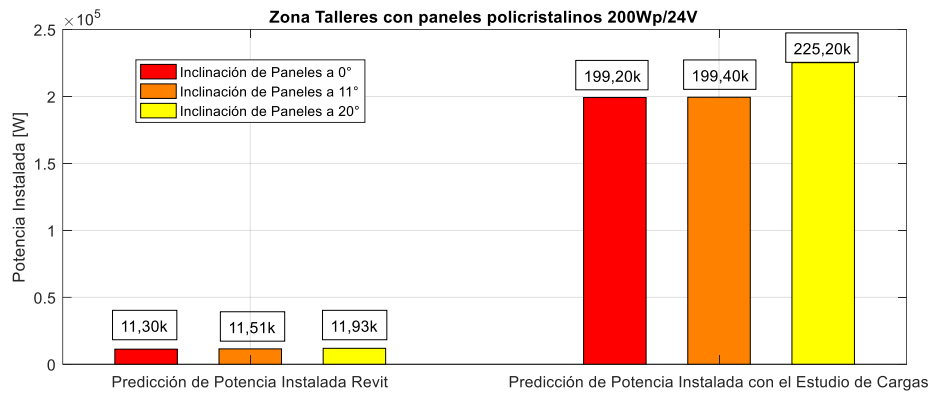
Elaborado por: Juan García

La zona de Talleres resulta ser el ejemplo más evidente de que realizar un diseño de un sistema aislado a la red para el C.E.P.S. no resultaría viable, puesto que la zona de Talleres, al ser la de mayor consumo, requerirá una potencia bastante elevada como se observa en la Figura 16. (b). Lo que se traduce en un arreglo fotovoltaico muy grande, dando un total de entre 597 y 675 paneles, dependiendo de la inclinación del panel, como se describe en la Figura 16. (a).

4.28 Comparativa Revit / Estudio de Carga Talleres (Poli. 200Wp/A.R)



(a)



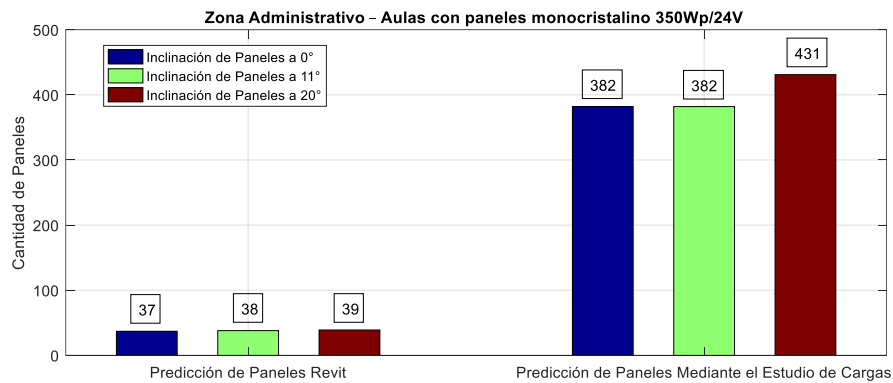
(b)

Figura 17. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Talleres (Poli.200Wp). A.R

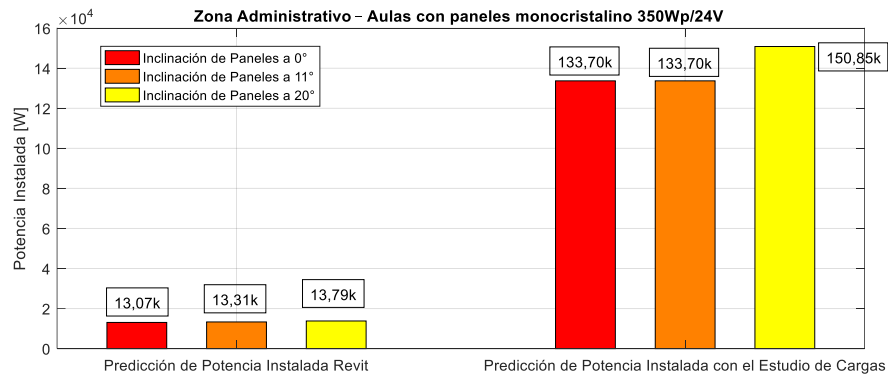
Elaborado por: Juan García

Es evidente que, si el panel tiene una menor potencia pico, se requerirá una mayor cantidad de paneles, a pesar de tratarse de la misma zona de Talleres, siendo la potencia pico del panel monocristalino 150Wp mayor que la potencia del panel policristalino a 200Wp. El número de paneles necesarios para alimentar la misma carga casi se ha duplicado en relación al inciso 4.28 con un panel de 350Wp.

4.29 Comparativa Revit / Estudio de Carga Admin. (Mono. 350Wp/A.R)



(a)



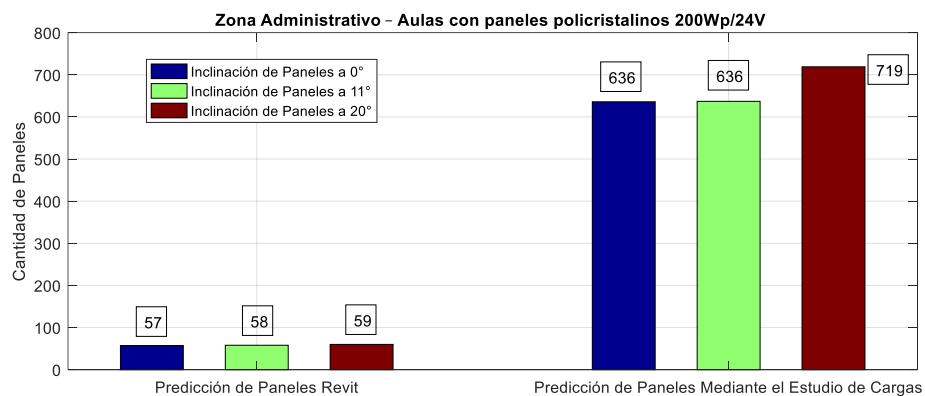
(b)

Figura 18. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Admin. (Mono.350Wp). A.R

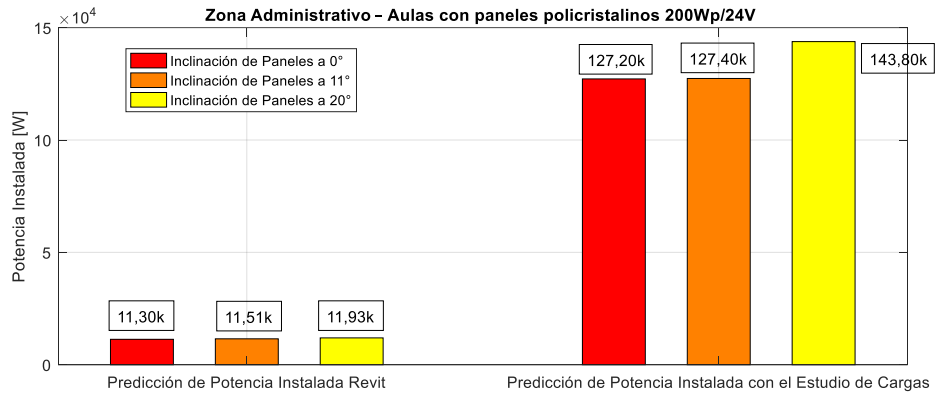
Elaborado por: Juan García

Para el caso donde se pretende alimentar toda la carga del Administrativo – Aulas instalada sobre el Auditorio - Domos, es debido a la disposición de la edificación, que se pretende que el diseño genere un impacto visual sobre las personas que ingresan a la institución y a petición del Administrador de ese momento, es el principal motivo por lo que no se escogió la misma zona sobre el Administrativo – Aulas para realizar la comparativa y el diseño.

4.30 Comparativa Revit / Estudio de Carga Admin. (Poli. 200Wp/A.R)



(a)



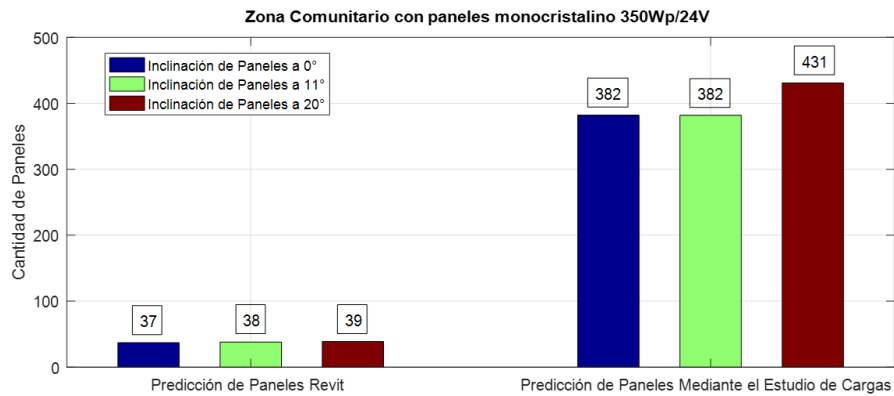
(b)

Figura 19. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Admin. (Poli.200Wp). A.R

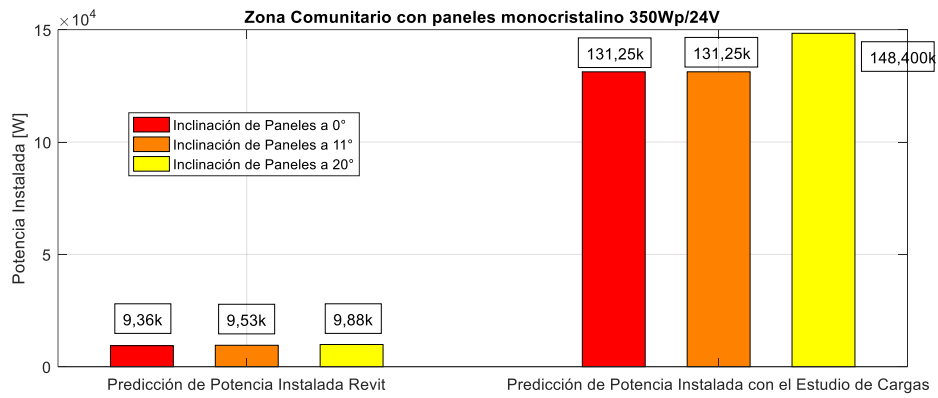
Elaborado por: Juan García

Esta zona, al ser de gran consumo energético, requiere una cantidad mucho mayor de paneles, y como se observa en las Figura 18. (b), la predicción de Revit resulta ser muy lejana al estudio de carga realizado de manera similar a los ejemplos anteriormente planteados.

4.31 Comparativa Revit / Estudio de Carga Comunitario (Mono. 350Wp/A.R)



(a)



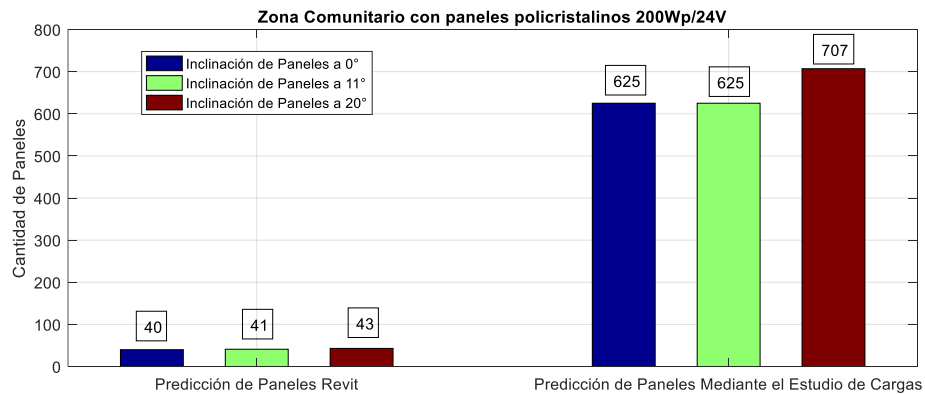
(b)

Figura 20. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Comunitario (Mono.350Wp). A.R

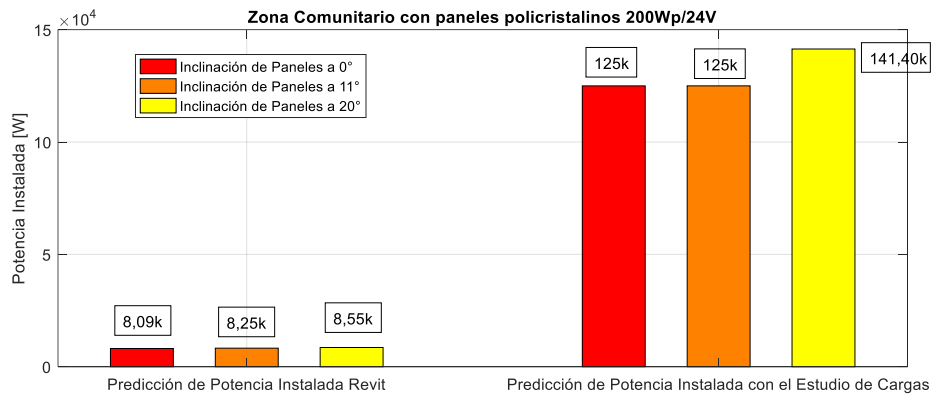
Elaborado por: Juan García

En el caso del diseño para la zona del Comunitario, se decidió también realizar la comparativa para la instalación sobre la zona de Auditorio – Domos, a pesar de cómo se observa este en las Figura 20. la predicción de Revit y el estudio de cargas tienen valores muy lejanos unos de otros.

4.32 Comparativa Revit / Estudio de Carga Comunitario (Poli. 200Wp/A.R)



(a)



(b)

Figura 21. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Comunitario (Poli.200Wp). A.R

Elaborado por: Juan García

En los diseños planteados para cada uno de los sistemas aislados a la red, es evidente notar que existe una brecha muy lejana entre la predicción de Revit y el estudio de cargas, motivo por el cual dichos diseños fueron paulatinamente descartados a medida que se buscaba optimizar el espacio físico del diseño y reducir al mínimo los costos. Por esta razón, se optó por diseños conectados a la red.

4.33 Análisis de paneles para un sistema C.R, inclinación de 0°

Para el cálculo de la cantidad de paneles de un sistema aislado a la red se usarán las expresiones de la (28) - (32) descritos en el Capítulo 2. Al igual que los análisis anteriores, se mantendrá los casos donde se realizará el diseño con un panel de 350Wp/24V, Tabla 7, Caso 1 y el Caso 2 con un panel de 275Wp/30 V, Tabla 12, siendo este otro parámetro de diseño, que se tomará en cuenta para un sistema fotovoltaico conectado a la red. Ambos paneles tienen la tecnología MPPT. Únicamente el panel monocristalino puede ser usado con la tecnología PWM y MPPT. De este modo queda definido otro parámetro de diseño para los sistemas conectados a la red.

Tabla 51. Paneles a una inclinación de 0°, Sistema C.R.

Zona:	Paneles-Caso 1	Paneles-Caso 2
Auditorio	31	39
Administrativo - Aulas	147	187
Taller Artesanal	231	293
Comunitario	145	184

Elaborado por: Juan García.

Para los diseños de sistemas fotovoltaicos conectados a la red como se puede observar en las expresiones (28) – (32), se tomará el mismo criterio del inversor tanto para sistemas conectados a la red como aislados a la red, como se muestra en el inciso 2.25, puesto que se usará las características del inversor como un parámetro de diseño para el análisis de ambas metodologías de diseño.

A pesar de que la zona analizada con respecto a los sistemas aislados a la red resultan ser las mismas, es notable que el número de paneles necesarios de un sistema conectado a la red ha disminuido considerablemente con respecto a los sistemas aislados a la red, dando la posibilidad de que debido al rango de operación del inversor se puede obtener un arreglo de cadenas en serie y paralelo de acuerdo a la tensión e intensidad que maneja el inversor, siendo un parámetro de diseño diferente al planteado en un sistema aislado a la red donde se pretendía tener una tensión de sistema a 48 V.

Es notable que ha existido una disminución bastante marcada en la cantidad de paneles necesarios para un sistema conectado a la red en contraposición al sistema aislado a la red, puesto que la zona de Talleres, al ser la de mayor consumo, alcanzaba una cantidad de paneles en el orden de los 500 – 1100 paneles aproximadamente, dependiendo de la inclinación y el tipo de panel, siendo para este caso reducidos a un total de 231, y 293, dando como conclusión que el banco de baterías es uno de los elementos que provoca indirectamente el aumento de la cantidad de paneles necesarios en un sistema aislado a la red debido al consumo propio de las baterías.

4.34 Análisis de paneles para un sistema C.R, inclinación de 11°

Para el cálculo de la cantidad de paneles de un sistema aislado a la red se usarán las expresiones de la (28) - (32), correspondientes al Capítulo 2.

Tabla 52. Paneles a una inclinación de 11°, Sistema C.R.

Zona:	Paneles-Caso 1	Paneles-Caso 2
Auditorio	31	39
Administrativo - Aulas	147	187
Taller Artesanal	231	293
Comunitario	145	184

Elaborado por: Juan García.

Resulta ser mucho más visible en este caso darse cuenta que la inclinación óptima de paneles, arrojará una menor cantidad de paneles solares, que tienden a ser valores

mucho más próximos a los resultados arrojados por la simulación de Revit; sin embargo, posteriormente al realizar la comparativa, se podrá llegar a una mejor conclusión en la selección de un diseño final.

Con respecto a la inclinación de panel a 0° , los resultados en torno a la cantidad de paneles resultan ser muy próximos, puesto que al igual que en casos anteriores si la inclinación es mucho más pronunciada, se requerirá una cantidad mayor de paneles. En el caso de la inclinación óptima a 11° , se puede observar que los resultados son muy próximos a la inclinación de 0° , siendo esto igual para sistemas aislados a la red. La cantidad de paneles se mantiene similar, los arreglos de cadenas en paralelo y serie pueden verse modificados para no sobrepasar el rango de operación de tensión del inversor. Esto puede variar, puesto que lo que se pretende es que la intensidad de los módulos en paralelo no sobrepase la intensidad de salida máxima en continua propia del inversor.

En algunos casos propuestos donde el consumo es mucho mayor, se sigue manteniendo un número muy elevado de paneles solares a pesar de la drástica reducción en algunos casos del 60 % al 75 %. En la cantidad total de paneles, se sigue manteniendo un número elevado de paneles que no corresponden a la simulación realizada en Revit.

4.35 Análisis de paneles para un sistema C.R, inclinación de 20°

Para el cálculo de la cantidad de paneles de un sistema aislado a la red, se usarán las expresiones de la (28) - (32) correspondiente al Capítulo 2.

Tabla 53. Paneles a una inclinación de 20° , Sistema C.R.

Zona:	Paneles-Caso 1	Paneles-Caso 2
Auditorio	35	44
Administrativo - Aulas	167	212
Taller Artesanal	261	332
Comunitario	164	208

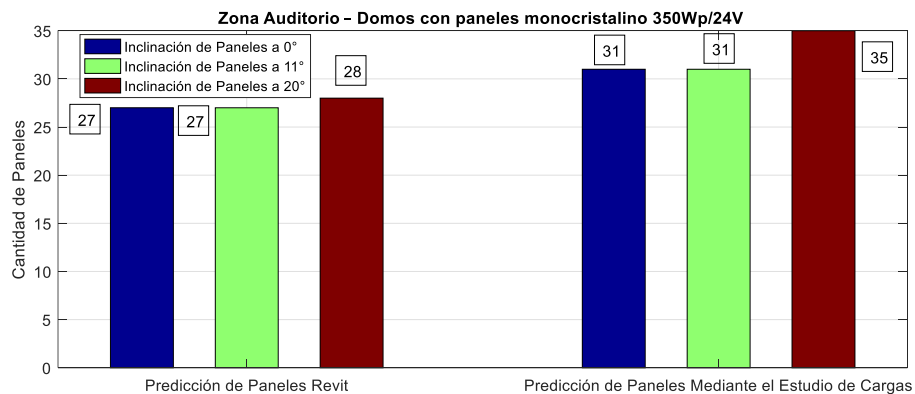
Elaborado por: Juan García.

En este caso al plantear una inclinación más pronunciada, también se incrementa el número de paneles necesarios para la instalación, de manera similar que en los sistemas aislados a la red como se muestra en el inciso 4.4, el aumento en la cantidad de paneles resulta ser mínimo; pero es considerable como en el Caso 1, donde el número de paneles necesarios aumentó a 35, se incrementan 4 paneles mientras que en el Caso 1,

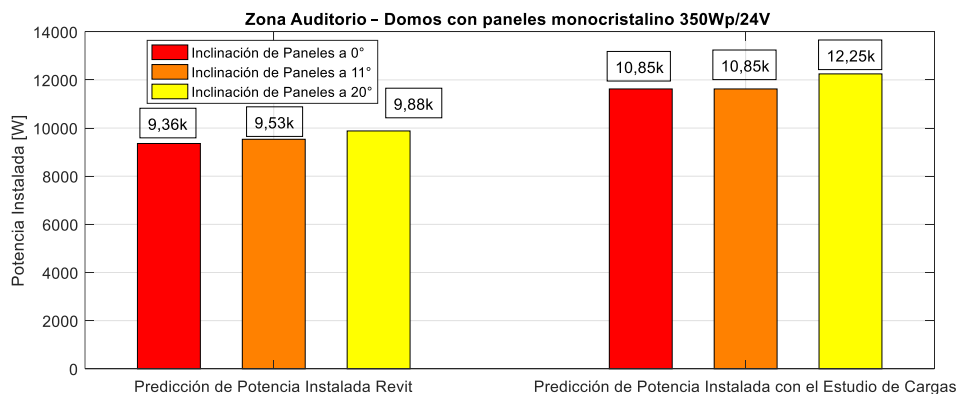
con una inclinación a 0° y 11°, se mantiene un total de 31 paneles. Es decir, para el caso a 20°, el número de paneles se incrementa entre un 10% - 12% aproximadamente. De manera similar en este caso con una inclinación más pronunciada y al requerir una mayor cantidad de paneles, los arreglos de cadenas en serie y en paralelo se ven ligeramente modificados para mantener los criterios de intensidad y tensión del inversor dentro de sus rangos de operación admisibles.

En general el motivo de selección de esta inclinación es por un tema comercial, puesto que generalmente los paneles para darles un mayor impacto visual, en una determinada edificación comercial o residencial, se les da una mayor inclinación con respecto a la superficie donde se los pretenda instalar; sin embargo, para el caso del C.E.P.S.B, esto provocaría un incremento mínimo en la cantidad total de paneles. Como se mencionó en incisos anteriores, esto afectará independientemente si el sistema es conectado o aislado a la red.

4.36 Comparativa Revit / Estudio de Carga Auditorio (Mono. 350Wp/C.R)



(a)



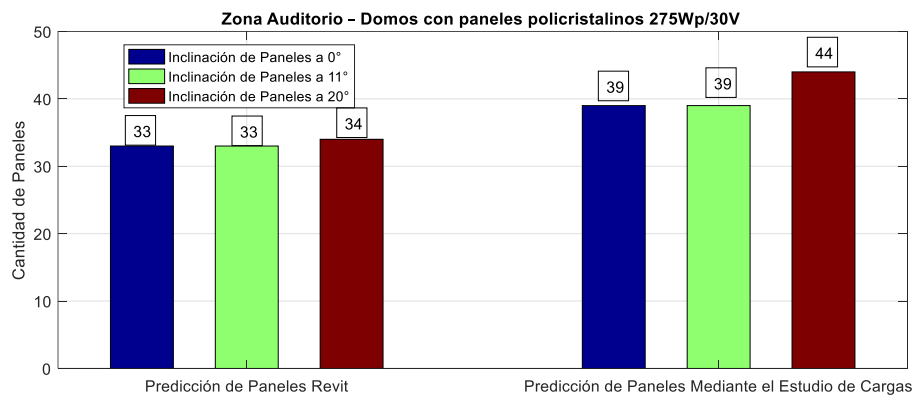
(b)

Figura 22. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Auditorio (Mono.350Wp). C.R

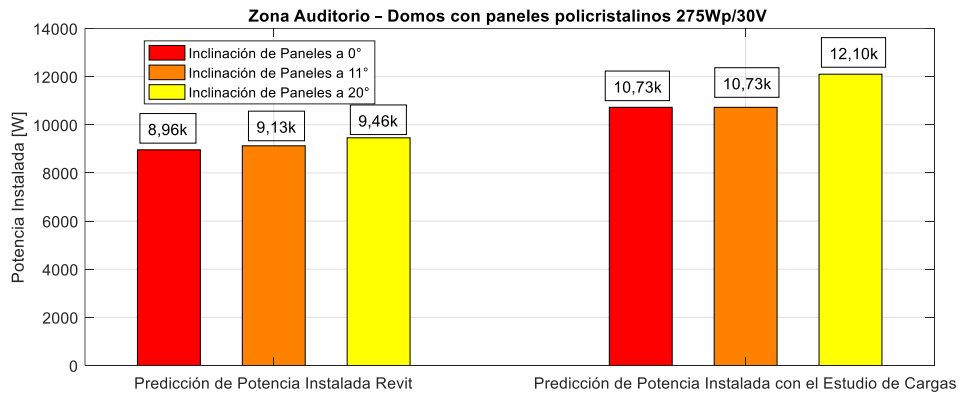
Elaborado por: Juan García

En específico este diseño puede ser viable para el C.E.P.S.B, puesto que al observar la comparativa entre Revit y el estudio de cargas, Figura 22. se tiene valores muy cercanos, tanto en cantidad de paneles como en potencia de campo fotovoltaico; sin embargo, este diseño fue descartado, debido a que se buscó opciones de diseño por debajo de la cantidad de la predicción arrojada por Revit, para lo cual fue necesario replantear la carga que se buscaba alimentar. Posteriormente en este documento se presentarán otras opciones.

4.37 Comparativa Revit / Estudio de Carga Auditorio (Poli. 275Wp/C.R)



(a)



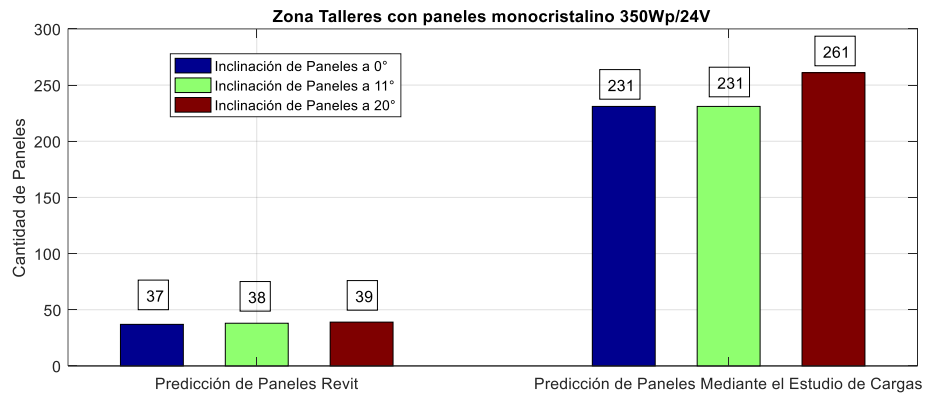
(b)

Figura 23. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Auditorio (Poli.275Wp). C.R

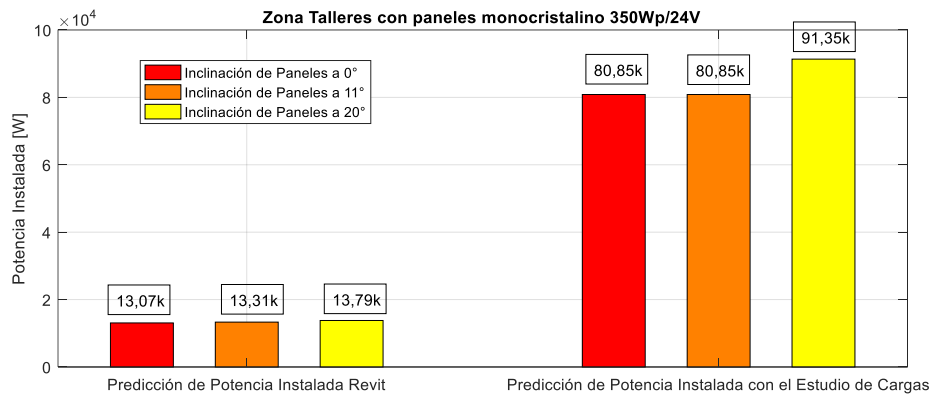
Elaborado por: Juan García

Con paneles de una potencia pico mucho menor, es mucho más evidente el incremento del número de paneles necesarios; sin embargo, este caso puede ser considerado como viable, puesto que tanto la predicción de Revit como el estudio de cargas tienen resultados muy próximos, Figura 23. , tanto en potencia fotovoltaica como en cantidad de paneles. Pero se mantendrá el criterio de diseño mencionado en el inciso anterior, referente a obtener una cantidad de paneles menor a la de la predicción de Revit.

4.38 Comparativa Revit / Estudio de Carga Talleres (Mono. 350Wp/C.R)



(a)



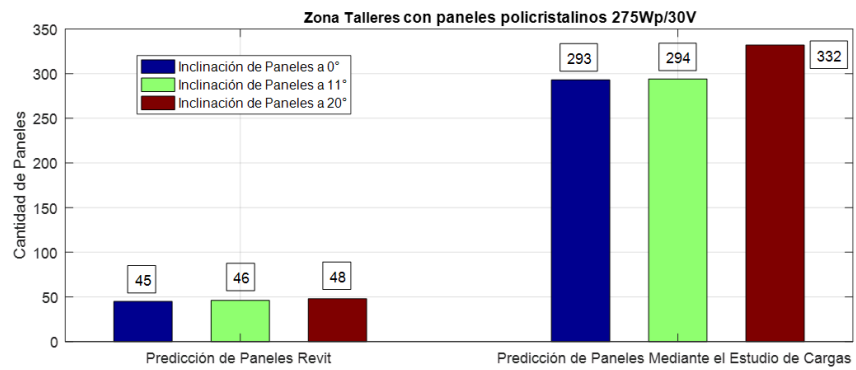
(b)

Figura 24. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Talleres (Mono.350Wp). C.R

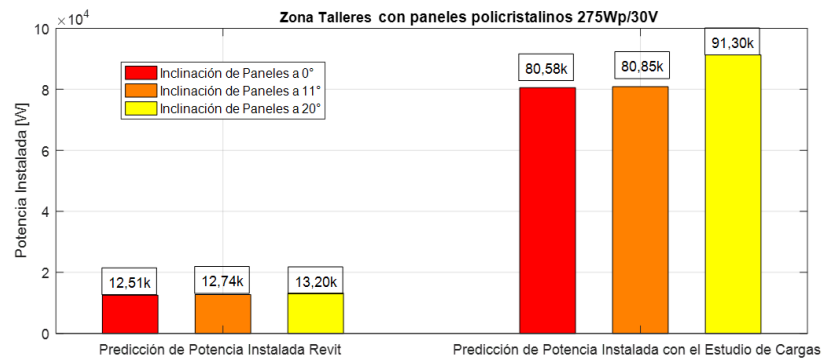
Elaborado por: Juan García

Los dos diseños anteriores pueden ser considerados como viables; pero el diseño para Talleres sigue siendo inviable debido a la carga que presenta dicha zona a pesar de tener una reducción considerable en paneles con respecto al diseño aislado a la red para la misma zona, por lo cual este diseño fue descartado.

4.39 Comparativa Revit / Estudio de Carga Talleres (Poli. 275Wp/C.R)



(a)



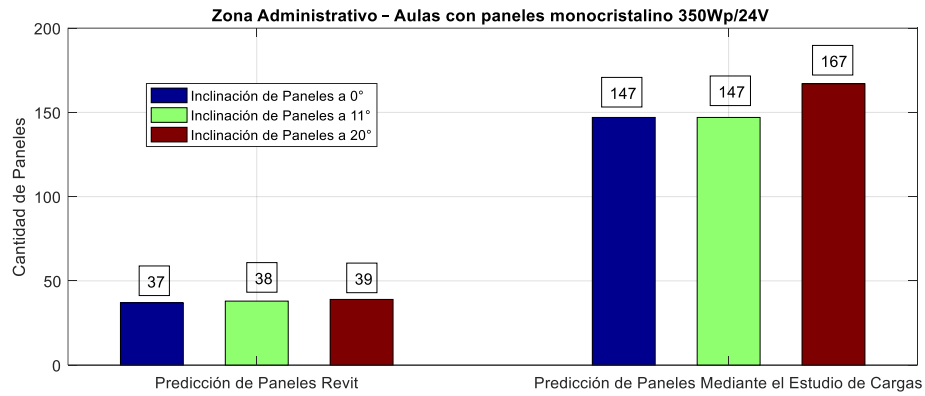
(b)

Figura 25. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Talleres (Poli.275Wp). C.R

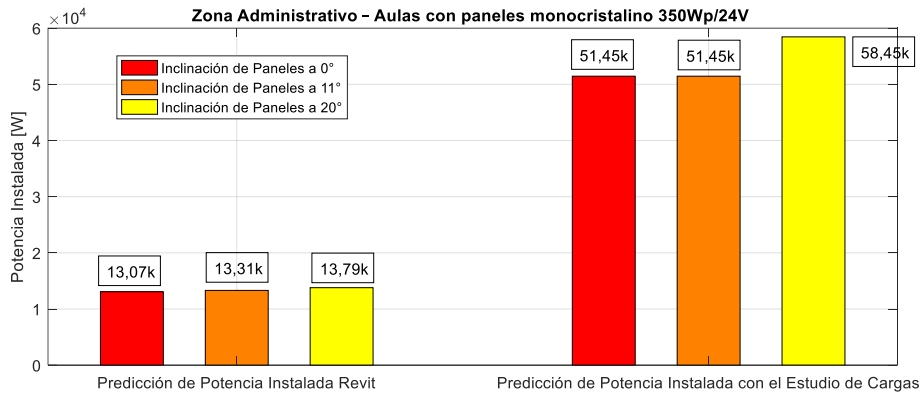
Elaborado por: Juan García

El siguiente diseño es descartado al no cumplir los parámetros de predicción que arroja Revit, puesto que el estudio de cargas da como resultado seis veces la cantidad de paneles necesarios para alimentar dicha zona.

4.40 Comparativa Revit / Estudio de Carga Administrativo (Mono. 350Wp/C.R)



(a)



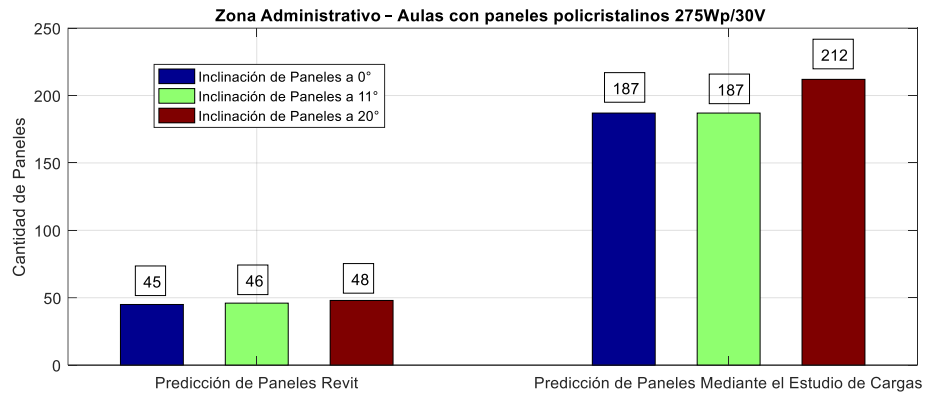
(b)

Figura 26. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Admin. (Mono.350Wp). C.R

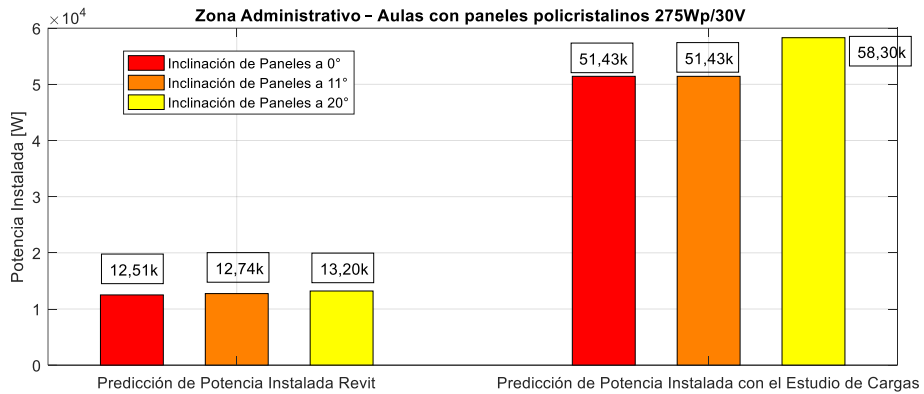
Elaborado por: Juan García

Este diseño es descartado, puesto que la predicción mediante el estudio de carga es mucho mayor que la predicción hecha por Revit como se mencionó en el inciso 4.36.

4.41 Comparativa Revit / Estudio de Carga Administrativo (Poli. 275Wp/C.R)



(a)



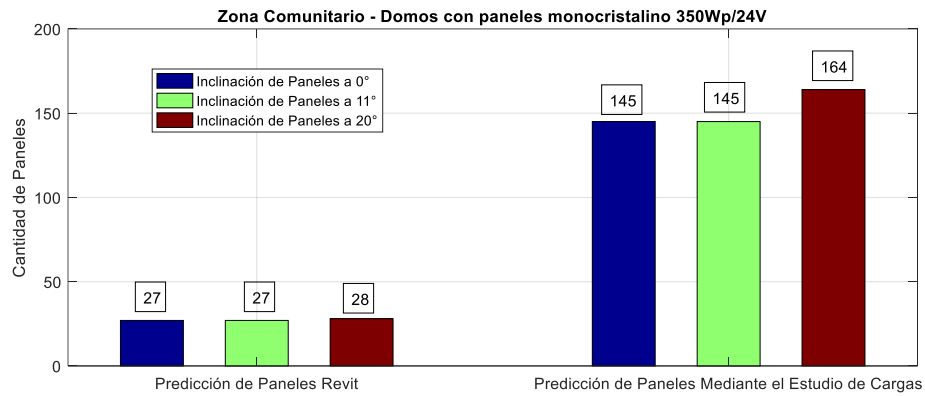
(b)

Figura 27. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Admin. (Poli.275Wp). C.R

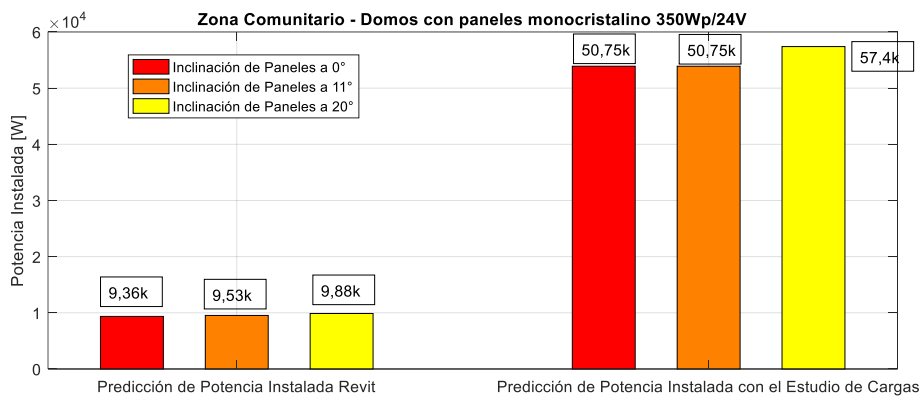
Elaborado por: Juan García

Este diseño es descartado, puesto que la predicción mediante el estudio de carga es mucho mayor que la predicción hecha por Revit como se mencionó en el inciso 4.36.

4.42 Comparativa Revit / Estudio de Carga Comunitario (Mono. 350Wp/C.R)



(a)



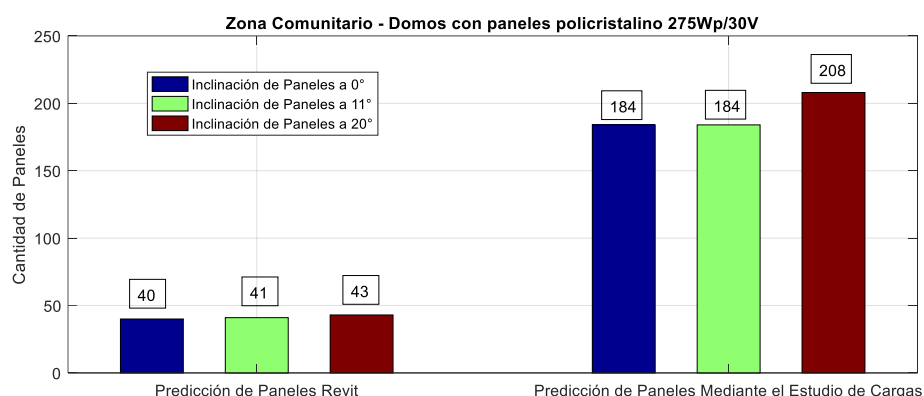
(b)

Figura 28. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Comunitario (Mono.350Wp). C.R

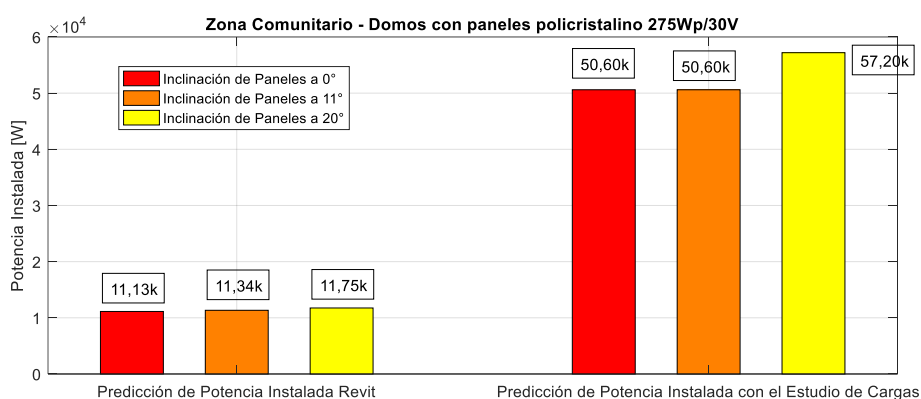
Elaborado por: Juan García

Este diseño es descartado, puesto que la predicción mediante el estudio de carga es mucho mayor que la predicción hecha por Revit como se mencionó en el inciso 4.36.

4.43 Comparativa Revit / Estudio de Carga Comunitario (Poli. 275Wp/C.R)



(a)



(b)

Figura 29. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Comunitario (Poli.275Wp). C.R

Elaborado por: Juan García

Este diseño es descartado, puesto que la predicción mediante el estudio de carga es mucho mayor que la predicción hecha por Revit como se mencionó en el inciso 4.36.

4.44 Análisis de Resultados, Sistema C.R y A.R dentro del C.E.P.S.B.

Debido a las características de consumo de cada una de las zonas respectivas, se requiere una cantidad significativa de paneles fotovoltaicos tanto en sistema aislado como conectado a la red y debido a las predicciones arrojadas por Revit, el número de paneles necesarios no satisface las características de consumo. Una de las observaciones que también se realizó es que no se dispone del espacio necesario y evidentemente el costo es bastante elevado con relación al costo de la energía eléctrica en nuestro país; sin embargo, se puede observar que el sistema conectado a la red, en este caso, es mucho más rentable y factible por las consideraciones tomadas antes, por lo cual procederemos a realizar el análisis para el diseño de un sistema conectado a la

red para una carga específica. En este caso seleccionaremos la carga de luminarias, que es una de las cargas más representativas y buscaremos la zona más adecuada o combinación de zonas más adecuadas para obtener un diseño viable tanto en términos técnicos como económicos.

4.45 Análisis de un sistema C.R carga lumínica total

Para este análisis consideraremos dos tipos de paneles, panel Monocristalino 350Wp/24V (Ver Tabla 7) (Caso 1) y el panel Policristalino 275Wp/30V, para sistemas MPPT, (Ver Tabla 12) (Caso 2).

4.46 Consumo de Carga de Luminarias

Para realizar el estudio de consumo se mantendrá los mismos parámetros establecidos en los incisos 4.2 y el estudio de carga (Anexo 1).

Tabla 54. Consumo de Luminarias Totales

Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
Luminarias Comunitario	40	75	8	5	120000
Luminarias Talleres	60	60	8	5	144000
Luminarias Administrativo - Aulas	150	25	8	5	150000
Luminarias Auditorio	70	35	6	3	44100
				Energía (Wh/semana):	458100
				Energía (Wh/día):	65442,85714

Elaborado por: Juan García.

Como se puede observar en la Tabla 54, el consumo total de las luminarias de todas las zonas estudiadas corresponde a 65442,86 Wh/día (Anexo 1).

Tabla 55. Consumo de Luminarias del Comunitario – Auditorio

Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
Luminarias Auditorio	70	35	6	3	44100
Luminarias Comunitario	40	75	8	5	120000
				Energía (Wh/semana):	164100
				Energía (Wh/día):	23442,85714

Elaborado por: Juan García.

En la Tabla 55. El consumo de las luminarias de la zona del Comunitario - Auditorio corresponde a 23442,86 Wh/día (Anexo 1).

Tabla 56. Consumo de Luminarias Taller – Administrativo Aulas

Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
Luminarias Talleres	60	60	8	5	144000
Luminarias Administrativo - Aulas	150	25	8	5	150000
				Energía (Wh/semana):	294000
				Energía (Wh/día):	42000

Elaborado por: Juan García.

La Tabla 56 corresponde al consumo de las luminarias de la zona del Taller Artesanal – Administrativo Aulas que corresponde a 42000 Wh/día (Anexo 1).

4.47 Análisis de paneles a 0°, 11° y 20° carga lumínica total

Para el cálculo de la cantidad de paneles de un sistema conectado a la red se usarán las expresiones de la (28) - (32) correspondientes al Capítulo 2, donde se puede observar que la cantidad de paneles se ha reducido drásticamente, puesto que, al alimentar la carga lumínica, la potencia de campo fotovoltaica será menor y, por lo tanto, la cantidad de paneles necesarios será menor con relación a los diseños anteriores donde se pretendía alimentar una zona en específico tanto si el sistema es conectado a la red como si el sistema es aislado a la red; sin embargo, para alimentar toda la carga lumínica del C.E.P.S.B., se requiere una cantidad considerable de paneles como se puede observar en la Tabla 57.

Tabla 57. Paneles a inclinación de 0°, 11° y 20°, Sistema C.R (Luminarias Totales)

Inclinación [°]:	Paneles-Caso 1	Paneles-Caso 2
0	57	72
11	57	72
20	64	82

Elaborado por: Juan García.

Como se puede observar existe un 12 % de paneles más cuando la inclinación es 20°, siendo esto muy similar a los diseños analizados por zonas tanto en sistemas aislados a la red como conectados a la red.

4.48 Análisis de paneles a 0°, 11° y 20°, luminarias (Auditorio -Comu.)

Para el cálculo de la cantidad de paneles de un sistema conectado a la red, se usarán las expresiones de la (28) - (32). A primera vista, estos diseños, al mantener una cantidad muy pequeña de paneles, pueden ser considerados viables con respecto a los diseños anteriores, siendo su emplazamiento idóneo la zona de Domos.

Tabla 58. Paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20°, Sistema C.R (Luminarias Auditorio - Comunitario)

Inclinación [°]:	Paneles-Caso 1	Paneles-Caso 2
0	20	26
11	20	26
20	23	29

Elaborado por: Juan García.

4.49 Análisis de paneles a 0°, 11° y 20° para las luminarias (Taller -Admin.)

Para el cálculo de la cantidad de paneles de un sistema conectado a la red, se usarán las expresiones de la (28) - (32). Para alimentar la carga lumínica del Taller Artesanal – Administrativo Aulas, se obtuvieron resultados viables independientemente de la inclinación del panel.

Tabla 59. Paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20°, Sistema C.R (Taller – Administrativo)

Inclinación [°]:	Paneles-Caso 1	Paneles-Caso 2
0	36	46
11	36	46
20	41	52

Elaborado por: Juan García.

4.50 Dimensionamiento del inversor carga lumínica total

Para el cálculo del inversor, se usará las expresiones de la (16) - (17), correspondiente al Capítulo 2, donde se obtuvo una potencia mínima del inversor de 10,96 kW; sin embargo, para la selección comercial se usará el más próximo, el cual generalmente es 15 kW de potencia. Esto se puede observar en la Tabla 60.

Tabla 60. Cálculo del inversor de las luminarias totales

Descripción	Número	P(W)	Factor de simultaneidad	Potencia simultánea
Luminaria Comunitario	40	75	0,6	1800
Luminarias Talleres	60	60	0,8	2880
Luminarias Administrativo - Aulas	150	25	0,6	2250
Luminarias Auditorio	70	35	0,9	2205
		Potencia demandada simultánea [W]:		9135
		Potencia mínima del inversor [W]:		10962

Elaborado por: Juan García.

Por otro lado, el inversor correspondiente a la combinación de luminarias del Comunitario y Auditorio otorgó una potencia mínima del inversor de 4806 W, siendo

el inversor comercialmente seleccionado como uno de 5 kW, que resulta ser el más próximo. Estos datos están reflejados en la Tabla 61.

Tabla 61. Cálculo del inversor de las luminarias del Auditorio – Comunitario

Descripción	Número	P(W)	Factor de simultaneidad	Potencia simultánea
Luminaria Comunitario	40	75	0,6	1800
Luminarias Auditorio	70	35	0,9	2205
			Potencia demandada simultánea [W]:	4005
			Potencia mínima del inversor [W]:	4806

Elaborado por: Juan García.

Finalmente, el inversor seleccionado para alimentar las Luminarias del Taller Artesanal - Administrativo Aulas será de 7 kW o 10 kW, donde la potencia mínima del inversor es de 6156 W como se observa en la Tabla 62.

Tabla 62. Cálculo del inversor de las luminarias del Taller – Administrativo

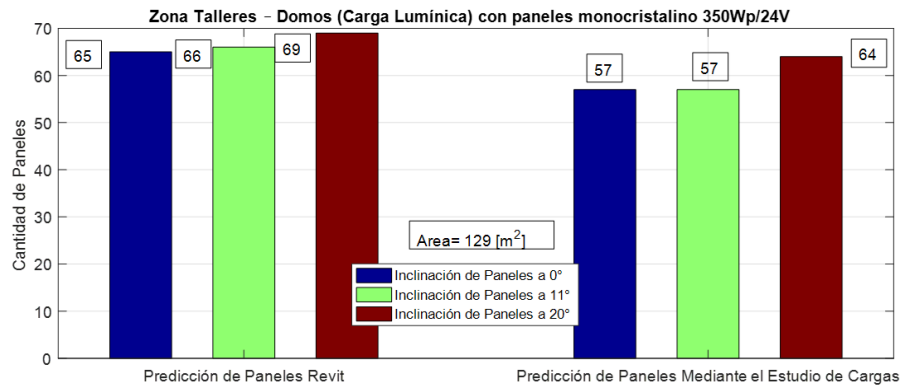
Descripción	Número	P(W)	Factor de simultaneidad	Potencia simultánea
Luminarias Talleres	60	60	0,8	2880
Luminarias Administrativo - Aulas	150	25	0,6	2250
			Potencia demandada simultánea [W]:	5130
			Potencia mínima del inversor [W]:	6156

Elaborado por: Juan García.

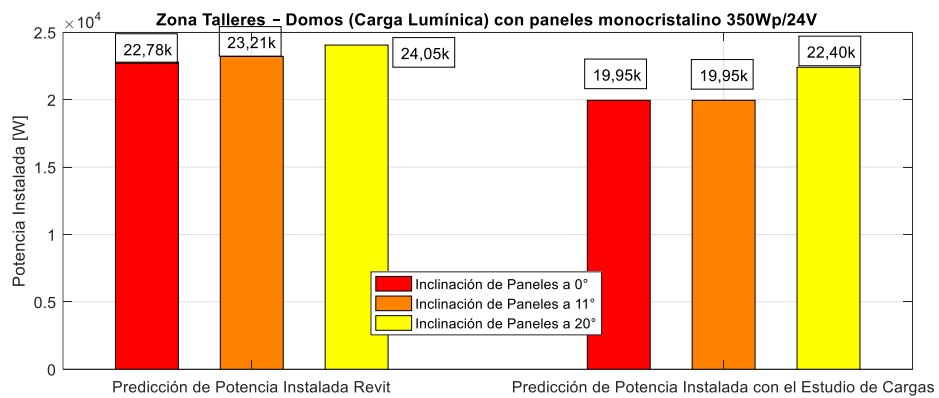
En estos casos que se están analizando, podemos observar que tenemos más coherencia de resultados entre los resultados obtenidos por Revit y los análisis en base al consumo, por lo cual se podría tener una posible viabilidad del proyecto con respecto a los anteriores estudios; sin embargo, se decidió optar por diseños donde la predicción de consumo sea menor a la predicción realizada por Revit.

4.51 Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Total (Mono. 350Wp/C.R)

Al considerar toda la carga lumínica del C.E.P.S.B., se consideró un espacio para el diseño de la zona de Domos Auditorio y el Taller Artesanal, puesto que es el mismo parámetro de diseño de un espacio físico disponible del 10 %, donde los resultados obtenidos de la predicción de Revit y de la predicción del estudio de cargas tienden a ser muy próximas tanto en cantidad de paneles como en potencia instalada.



(a)



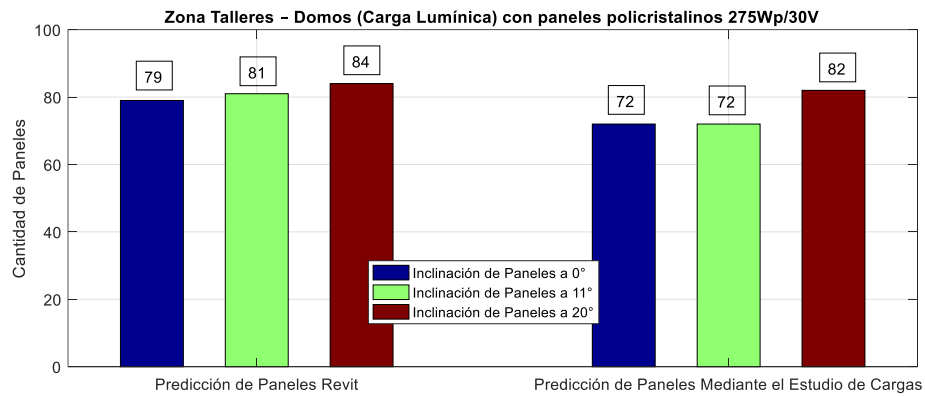
(b)

Figura 30. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica (Mono.350Wp). C.R

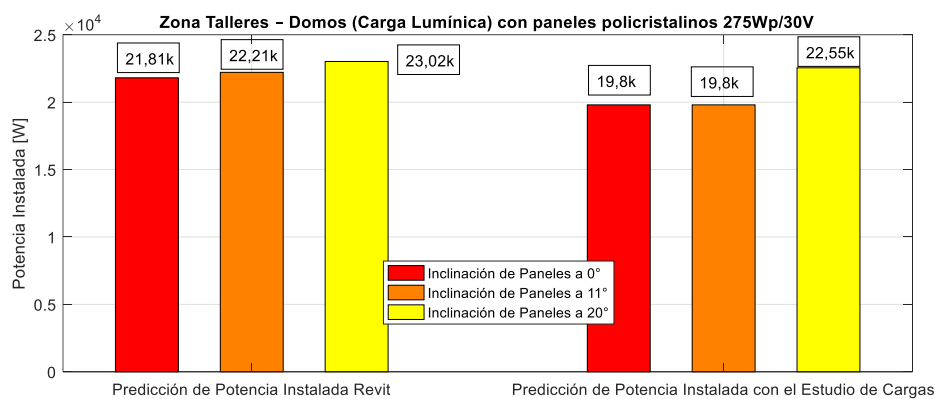
Elaborado por: Juan García

4.52 Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Total (Poli. 275Wp/C.R)

En este caso ocurre algo similar que el ejemplo anterior donde se consideró la carga lumínica total; sin embargo, como se mostró en varios casos anteriores a medida que el panel disminuye su potencia pico, también aumenta la cantidad de paneles necesarios para cubrir dicha carga. A pesar de que este caso puede ser viable, se siguió considerando el mismo parámetro de diseño donde la predicción de potencia mediante el estudio de carga debe ser menor que la predicción de Revit.



(a)



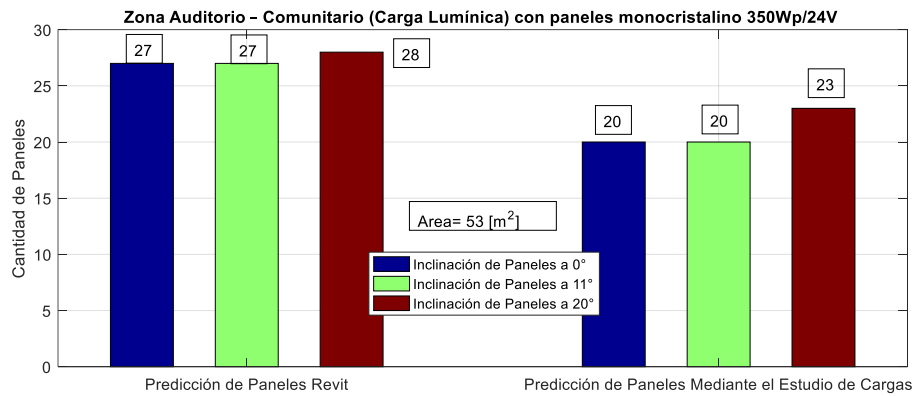
(b)

Figura 31. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica (Poli.275Wp). C.R

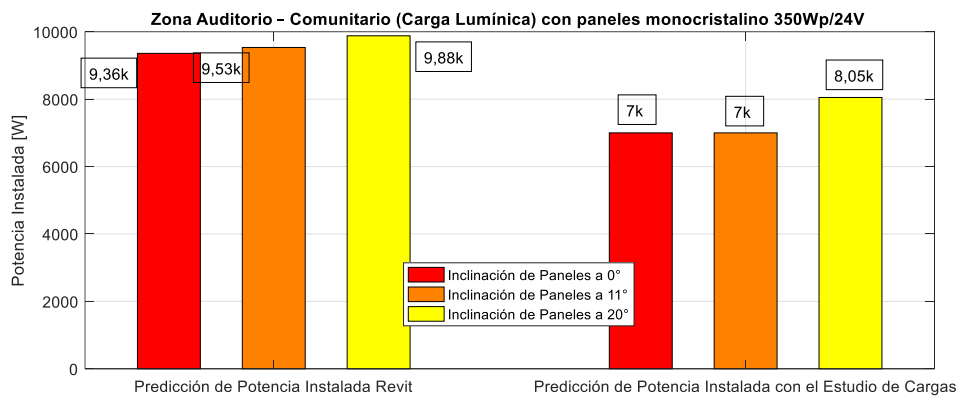
Elaborado por: Juan García

4.53 Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Auditorio - Comunitario (Mono. 350Wp/C.R)

En este caso es destacable que se cumple el parámetro de diseño donde la predicción obtenida mediante el estudio de cargas es mucho menor que la predicción arrojada por Revit. De esta manera se puede afirmar que este diseño es viable en la parte técnica y puede ser considerado como un diseño final para paneles de dicha potencia.



(a)



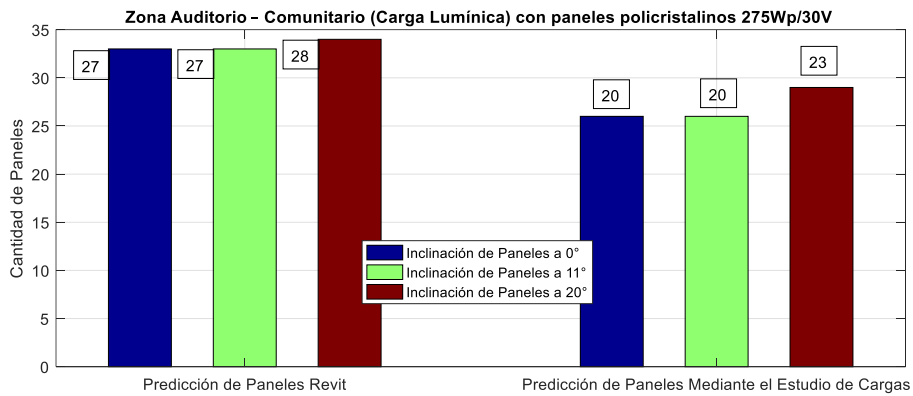
(b)

Figura 32. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica Auditorio-Comu. (Mono.350Wp). C.R

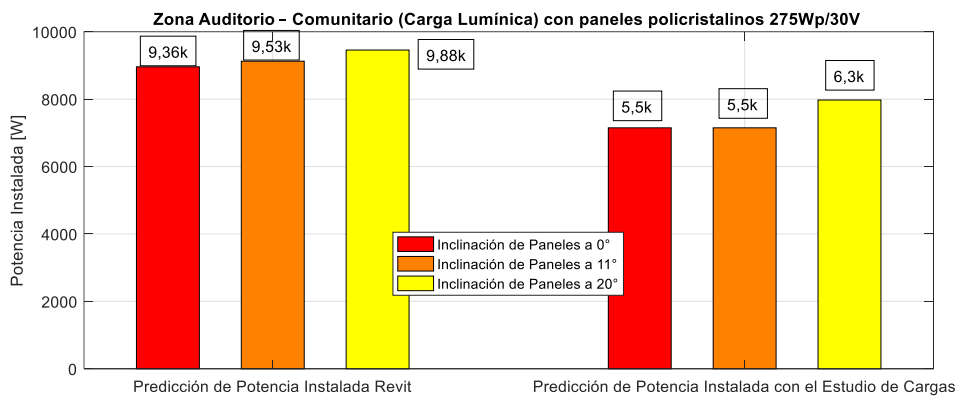
Elaborado por: Juan García

4.54 Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Auditorio - Comunitario (Poli. 275Wp/C.R)

Este diseño también puede ser considerado viable técnicamente al cumplir el parámetro de diseño mencionado en los incisos anteriores para este caso donde los paneles tienen características distintas.



(a)



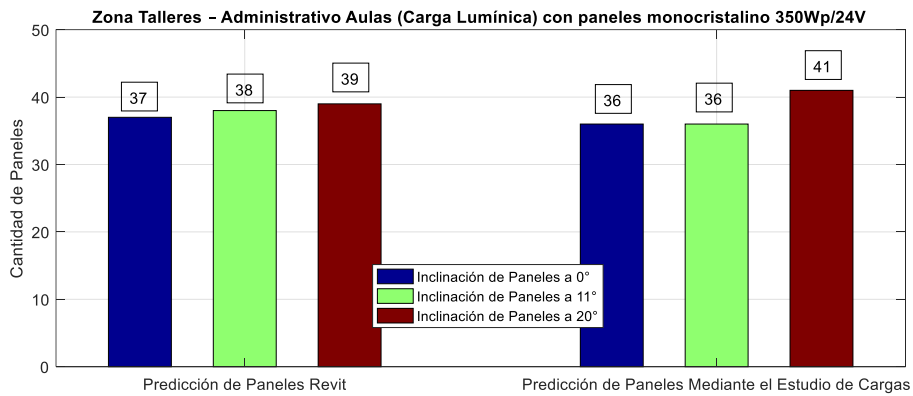
(b)

Figura 33. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica Auditorio – Comu. (Poli.275Wp). C.R

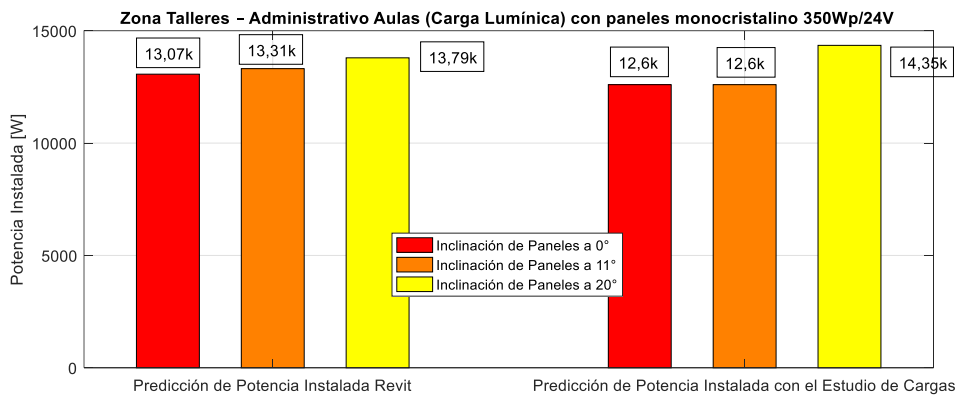
Elaborado por: Juan García

4.55 Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Taller – Administrativo (Mono. 375Wp/C.R)

Como se puede observar a medida que disminuye la carga, los diseños que se obtienen tienden a ser técnicamente viables, puesto que se cumple el parámetro de diseño final mencionado anteriormente, dando resultados más acordes a los requerimientos del C.E.P.S.B.



(a)



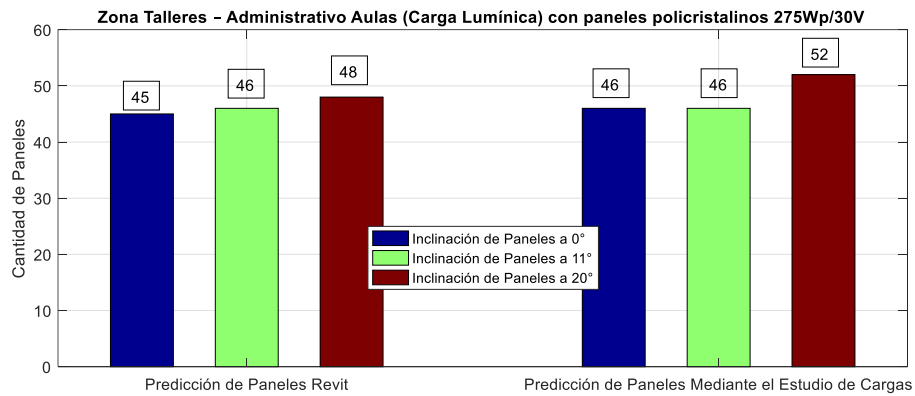
(b)

Figura 34. (a) Cantidad paneles (b) P. instalada. Carga lumínica Taller – Admin. (Mono.350Wp). C.R

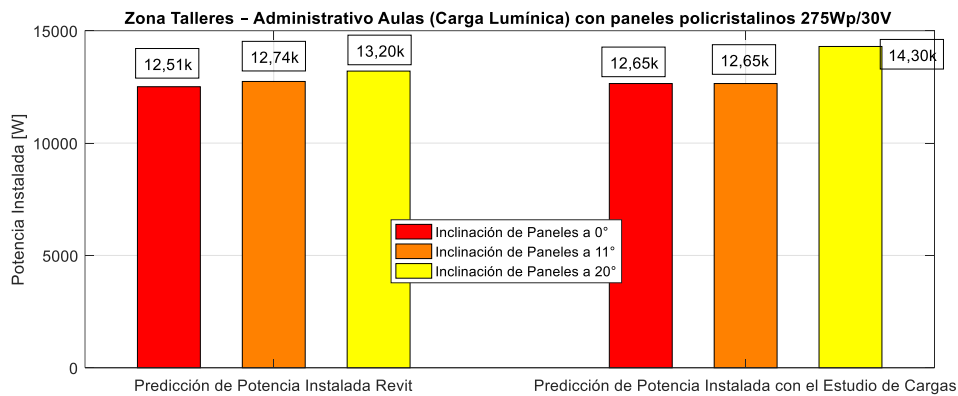
Elaborado por: Juan García

4.56 Comparativa Revit / Estudio de Carga. Carga Lumínica Taller – Administrativo (Poli. 275Wp/C.R)

En este diseño se obtuvo resultados similares tanto para la predicción de Revit como la predicción realizada mediante el estudio de cargas, donde se puede afirmar que en términos técnicos el diseño es viable de acuerdo con los requerimientos mencionados anteriormente.



(a)



(b)

Figura 35. (a) Cantidad paneles (b) P. instalada. Carga lumínica Taller – Admin. (Poli.275Wp). C.R

Elaborado por: Juan García

4.57 Selección de diseños finales C.E.P.S.B

Como consideración final para la selección de un diseño fotovoltaico, se presentó dos alternativas debido al bajo coste de instalación y a la forma llamativa de presentación del sistema fotovoltaico dentro de las instalaciones del centro presentadas en la simulación de Revit Anexo 2 y Anexo 3 y al gusto del administrador del C.E.P.S.B., por lo cual se seleccionó y presentó un sistema conectado a la red para la carga lumínica del Auditorio instalada sobre los domos y un sistema conectado a la red para la carga lumínica del Comunitario instalada sobre los domos, ambas con paneles monocristalinos de 350Wp/24V, para optimizar el espacio físico disponible con un ángulo de inclinación óptimo de 11°.

4.58 Diseño de un sistema PV C.R carga lumínica del Comunitario

El diseño se encuentra dimensionado para alimentar las luminarias del Comunitario y será instalado sobre la zona del Auditorio - Domos.

Tabla 63. Consumo de luminarias del Comunitario

Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
Luminarias Comunitario	40	75	8	5	120000
				Energía (Wh/semana):	120000
				Energía (Wh/día):	17142,8571

Elaborado por: Juan García.

El inversor seleccionado será en base al consumo de las luminarias de la zona del Comunitario. La Tabla 64 detalla el inversor mínimo a escoger. En este caso se seleccionó un inversor de una potencia de 3 kW. Para ello se usarán las expresiones (16) – (17).

Tabla 64. Inversor de las luminarias del Comunitario

Descripción	Número	P(W)	Factor de simultaneidad	Potencia simultánea
Luminaria Comunitario	40	75	0,6	1800
			Potencia demandada simultánea [W]:	1800
			Potencia mínima del inversor [W]:	2160

Elaborado por: Juan García.

La Tabla 65 detalla cada uno de los aspectos necesarios a considerar para el cálculo de la cantidad de paneles necesarios para la instalación fotovoltaica. Para el cálculo de la cantidad de paneles, se usarán las expresiones de la (28) - (32), correspondientes a un sistema aislado a la red, como se realizó anteriormente.

Tabla 65. Paneles de un sistema C.R, carga lumínica del Comunitario

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	17142,85714
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	15
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	3
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	5200,762805
Potencia mínima del inversor [W]:	2160
Potencia del inversor seleccionado [W]:	3000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 155-280 [V]:	217,5
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	30
Tensión de los módulos en serie [V]:	193,55
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	27,12
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

La Tabla 66 realiza la comparativa con Revit, teniendo en cuenta el 10 % del espacio físico disponible como se realizó en el resto de simulaciones.

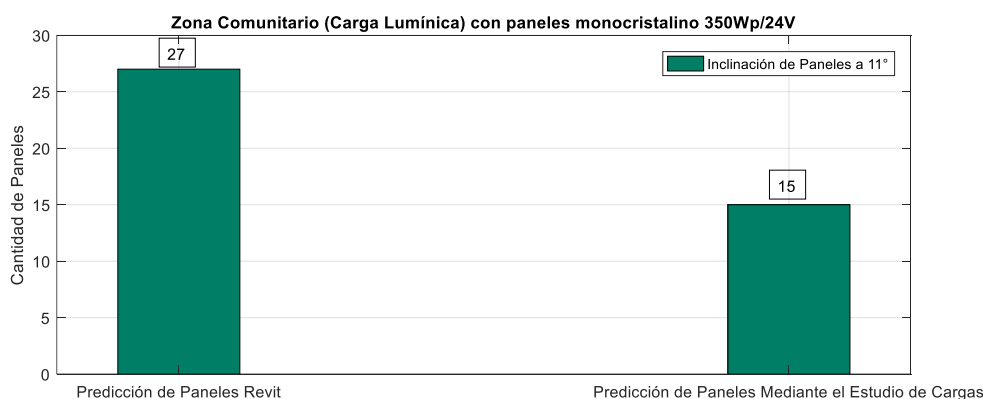
Tabla 66. Comparativa Revit/Estudio de Carga, carga lumínica del Comunitario
Mono. 350Wp/24V, C.R

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos - Comunitario	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 11° [m]	1,961
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 11° a instalar por la simulación de Revit	27
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
DMU de las luminarias de la zona del Comunitario	1800
Número de paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	15

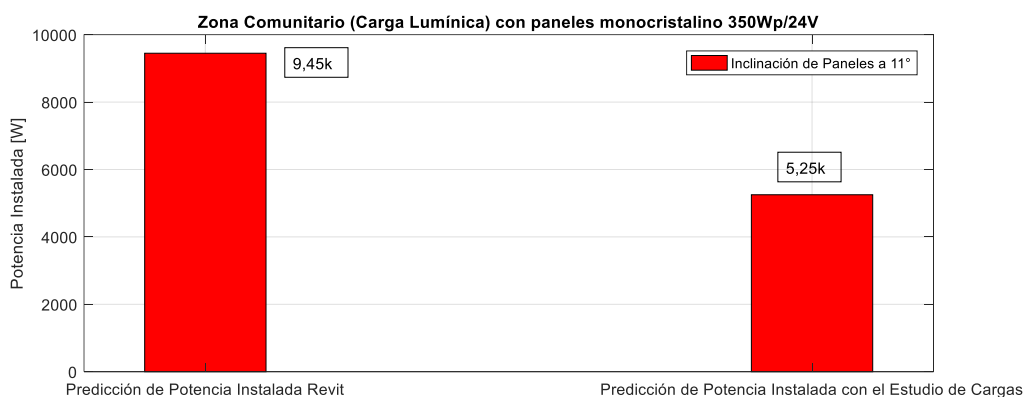
Elaborado por: Juan García.

Es evidente notar que al realizar la comparativa de predicción obtenida por Revit y el estudio de cargas, se cumple el parámetro de diseño donde la predicción de Revit en este caso de 15 paneles monocristalinos de 350Wp/24V a 11°, siendo esta menor que la obtenida mediante el estudio de cargas, mientras que el estudio de cargas arrojó un total de 27 paneles monocristalinos en un área de 53 m².

Como se denotó en la Tabla 66, referente a la comparativa entre las dos predicciones, es sencillo visualizar que se cumple el parámetro de diseño, donde se obtuvo la menor cantidad de paneles para un arreglo de paneles de 350 Wp/24V, donde un total de 15 paneles conformarán el arreglo final para este diseño.



(a)



(b)

Figura 36. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica Comu. (Mono.350Wp). C.R. (Diseño Final)

Elaborado por: Juan García

En la Figura 36 la predicción de campo fotovoltaico es de 5,25 kW para un arreglo de 15 paneles, la cual es bastante pequeña y adecuada para alimentar la carga lumínica de la zona del Comunitario del C.E.P.S.B. en comparación a la predicción de Revit donde la potencia de campo fotovoltaico es mucho mayor con una mayor cantidad de paneles, máximos disponibles y dando una potencia de 9,45 kW.

4.59 Diseño de un sistema PV C.R carga lumínica del Auditorio

El diseño se encuentra dimensionado para alimentar las luminarias del Auditorio y será instalado sobre la zona del Auditorio - Domos.

Tabla 67. Consumo de Luminarias del Auditorio

Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
Luminarias Auditorio	70	35	6	3	44100
				Energía (Wh/semana):	44100
				Energía (Wh/día):	6300

Elaborado por: Juan García.

El inversor seleccionado será en base al consumo de las luminarias de la zona del Auditorio, la Tabla 68 detalla el inversor mínimo a escoger. En este caso se seleccionó un inversor de una potencia de 3 kW. Para ello se usarán las expresiones (16) – (17).

Tabla 68. Inversor de las Luminarias del Auditorio

Descripción	Número	P(W)	Factor de simultaneidad	Potencia simultánea
Luminarias Auditorio	70	35	0,9	2205
			Potencia demandada simultánea [W]:	2205
			Potencia mínima del inversor [W]:	2646

Elaborado por: Juan García.

La Tabla 69 detalla cada uno de los aspectos necesarios a considerar para el cálculo de la cantidad de paneles necesarios para la instalación fotovoltaica.

Tabla 69. Paneles para un sistema A.R. Carga lumínica del Auditorio

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	6300
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	5
Número de paneles en serie:	3
Número de cadenas en paralelo:	2
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	1911,918256
Potencia mínima del inversor [W]:	2646
Potencia del inversor seleccionado [W]:	3000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 155-280 [V]:	217.5
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	20
Tensión de los módulos en serie [V]:	116,13
intensidad de los módulos en paralelo [V]:	20
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

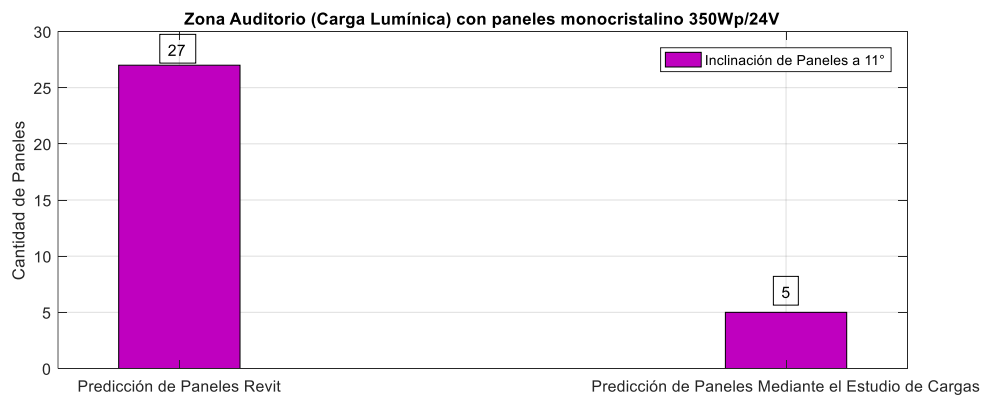
La Tabla 70 realiza la comparativa con Revit, teniendo en cuenta el 10 % del espacio físico disponible como se realizó en el resto de simulaciones, obteniendo resultados satisfactorios con respecto a los parámetros de diseño mencionados anteriormente, donde se obtuvo un total de 5 paneles, para un arreglo de paneles de 350Wp/24V, a una inclinación de 11° con respecto a la simulación de Revit.

Tabla 70. Comparativa Revit / Estudio de Carga, carga lumínica del Auditorio,
Mono. 350Wp/24V C.R

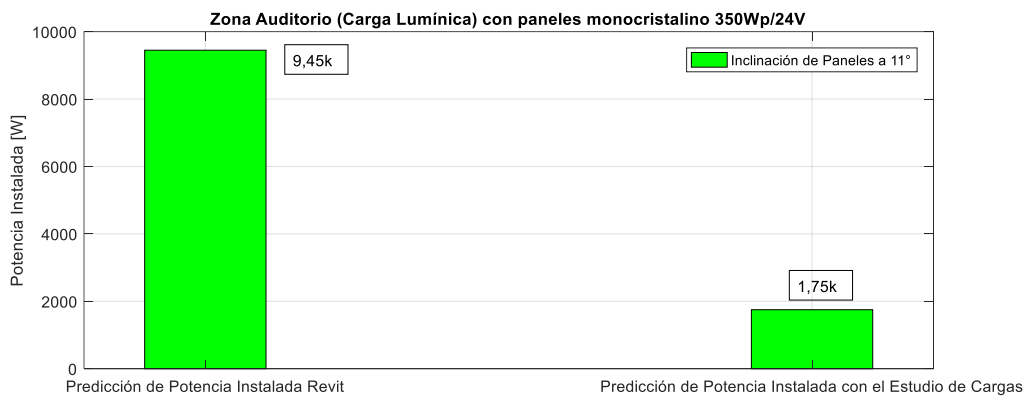
Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos - Auditorio	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 11° [m]	1,961
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 11° a instalar por la simulación de Revit	27
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
DMU de las luminarias de la zona del Comunitario	2205,00
Número de paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	5

Elaborado por: Juan García.

Como se observa en la Figura 37. la predicción de campo fotovoltaico es de 1.75 kW para un arreglo de 5 paneles, la que resulta ser la más adecuada para alimentar la carga lumínica de la zona del Auditorio del C.E.P.S.B, estando dentro de los límites arrojados por la predicción de Revit. Adicionalmente se describe la comparativa realizada entre Revit y el estudio de cargas, siendo esta última inferior a la predicción de Revit y arrojando la menor cantidad de paneles para alimentar la carga lumínica de la zona del Auditorio con un panel de dichas características.



(a)



(b)

Figura 37. (a) Cantidad paneles (b) P. instal. Carga lumínica Auditorio (Mono.350Wp). C.R (Diseño Final)

Elaborado por: Juan García

4.60 Dimensionamiento de protecciones de los diseños finales

Aunque los paneles poseen como protección propia un fusible interno, se decidió para los dos diseños finales realizar el dimensionamiento de los fusibles que se conectarán a la salida respectiva de cada cadena en paralelo de los paneles.

Para el sistema fotovoltaico que alimenta la carga lumínica del Comunitario, se seleccionó cinco fusibles de 30 A, como se muestra en la Figura 38 y para el sistema fotovoltaico que alimenta la carga lumínica del Auditorio se seleccionó dos fusibles de 20 A y un fusible de 10 A, como se muestra en la Figura 39.

4.61 Esquema de conexiones para un sistema PV C.R, carga lumínica Auditorio - Comunitario

Para los esquemas se consideró el número de cadenas en serie y cadenas en paralelo que se obtuvo a través de los cálculos correspondientes, así como la respectiva tensión e intensidad de campo fotovoltaico, esto se puede observar en la Figura 38, que corresponde al sistema fotovoltaico que alimenta la carga lumínica del Comunitario.

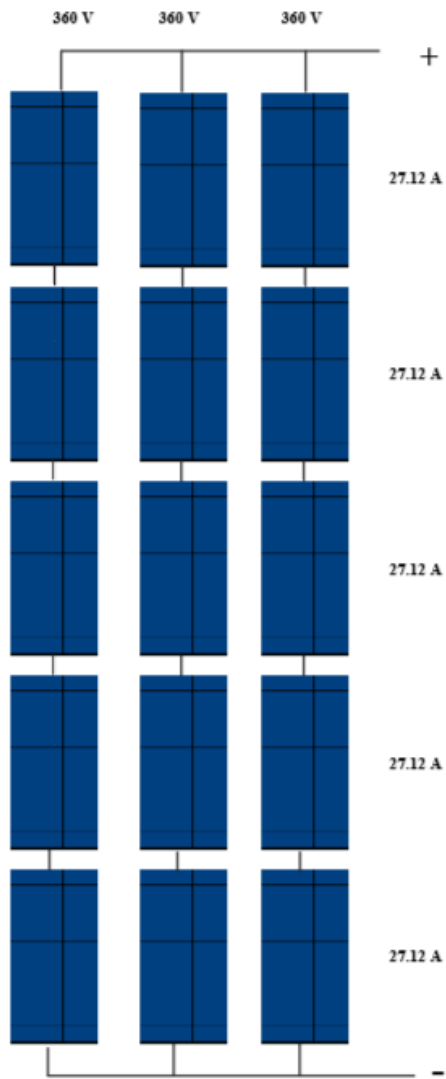


Figura 38. Esquema de conexiones carga lumínica del Comunitario.
Elaborado por: Juan García.

De la misma manera la Figura 38 corresponde al esquema de conexiones del sistema fotovoltaico que alimenta la carga lumínica del Comunitario, donde se detallan las protecciones que deberían ir a la salida de cada uno de los arreglos en paralelo; sin embargo, esto se vuelve opcional, puesto que muchos sistemas fotovoltaicos, no necesariamente disponen de protecciones como fusibles, puesto que la protección contra posibles sobre descargas o corto circuitos la dispone el inversor.

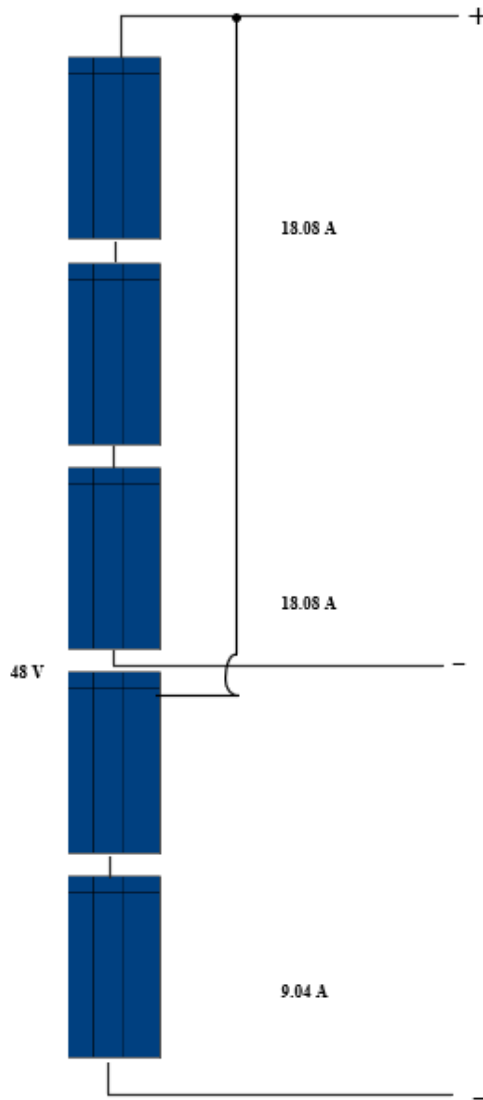


Figura 39. Esquema de conexiones carga lumínica del Auditorio.

Elaborado por: Juan García.

En la Figura 39 se detalla el esquema de conexiones de este arreglo fotovoltaico con 5 paneles solares, donde es notable que el voltaje de salida es mucho menor que en la Figura 38 y las corrientes de salida de los arreglos se distribuyeron en un arreglo de 3 paneles paralelo y 2 paneles en paralelo, ambos conectados en serie para obtener una repartición más justa de la corriente y obtener las protecciones conforme al inciso 4.60.

CAPÍTULO V

COSTOS

Se realizará el análisis de costos de los resultados obtenidos para los casos de estudio de los sistemas conectados a la red como aislados a la red. En un inicio se realizará el costo de la estimación de la instalación fotovoltaica sin considera el costo de mano de obra; pero para los diseños finales se considerará estos costos, demostrando de esta manera el descarte de los diseños inviables respecto a su precio con los diseños más coherentes y finalmente realizando el análisis de costos y detallando el periodo de reembolso arrojado por Revit de los dos diseños finales seleccionados

5.1 Análisis del costo de instalación de un sistema A.R

Para el análisis del costo de la instalación fotovoltaica para un sistema aislado a la red, se tomará en cuenta cada una de las zonas analizadas, teniendo también en consideración el precio de los paneles, la estructura, los reguladores, las baterías, el inversor, los metros de cable necesarios hacia el Panel – Reguladores, Regulador Baterías, Baterías Inversor. El detalle de cada uno de los casos se encuentra en el (Anexo 24), (Anexo 25), (Anexo 26).

5.2 Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, Sistema A.R

Tabla 71. Análisis de Costos a una inclinación de 0°, Sistema A.R

Zona	Caso 1 [\$]	Caso 2 [\$]	P. Caso 1 [kW]	P. Caso 2 [kW]
Auditorio	101056,45	121216,45	27,30	26,20
Talleres	1095375,85	1322015,90	208,95	199,20
Administrativo - Aulas	695075,62	837731,07	133,70	127,20
Comunitario	680192,18	825982,18	131,25	125,00

Elaborado por: Juan García.

Como se puede observar en la Tabla 71 para la zona del Taller Artesanal con paneles monocristalinos de 350 Wp, el costo de la instalación fotovoltaico para un sistema aislado a la red, considerando todos los elementos descritos, es de \$1095375,85, donde los valores que más predominan son aquellos relacionados a los costos de la cantidad de paneles y el costo del banco de baterías, siendo el costo del banco de baterías el más alto con relación a los demás elementos descritos. Esta tendencia de un alto costo en la cantidad de baterías es constante en todos los ejemplos de sistemas aislados a la red, puesto que la autonomía del sistema demanda una gran cantidad de baterías y estas, teniendo un costo considerable, representan 75% a 76% del costo de la instalación. Como se describe, para la zona del Taller Artesanal con paneles policristalinos de 200

Wp, el costo de la instalación fotovoltaico para un sistema aislado a la red, considerando todos los elementos descritos, es de \$1322015,9, siendo este diseño entre un 20% y 21 % más el costo con relación a un diseño con paneles de 350 Wp, como se observó en la Tabla 71. Mientras que para la Zona del Auditorio con paneles de 350 Wp, dando un costo de \$101056,45, donde es evidente que se mantiene esta tendencia de alto costo en el banco de baterías; sin embargo, con relación a la zona del taller artesanal, es significativamente más económico este diseño debido a su menor demanda, puesto que con paneles policristalinos de 200 Wp, el costo de la instalación para la zona del Auditorio es de \$12116,45, siendo este diseño un 20 % y 21 % más costoso. Manteniendo esta relación para paneles policristalinos, el costo se incrementa como se mencionó.

De este modo con paneles monocristalinos de 350 Wp, el costo de la instalación para la zona del Administrativo - Aulas es de \$695075,62 y con paneles policristalinos de 200 Wp, el costo de la instalación para la zona del Administrativo - Aulas es de \$837731,07, manteniendo la tendencia de costo entre el 20% y 21 % más el costo que en relación a un panel monocristalino de mayor potencia pico.

Finalmente, el costo de la instalación fotovoltaica con paneles monocristalinos de 350Wp es de \$680192,18 para la zona del Comunitario, siendo un costo relativamente parecido al de la zona del Administrativo – Aulas; y con paneles policristalinos de 200 Wp, el costo de la instalación para la zona del Comunitario es de \$837731,07, siendo entre un 20 % y 21 % más costo como se observó en los ejemplos anteriores.

En la Figura 40 se destaca que a una inclinación de 0°, tomando en cuenta el tipo de panel a usar, mientras mayor sea la potencia de campo fotovoltaico, mayor será el costo de la instalación y es evidente notar que a medida que se usa un panel de menor potencia pico, el costo de la instalación se incrementará relativamente, tomando en cuenta esto para paneles policristalinos de 200 Wp. El incremento es de entre un 20% y 21 % con respecto al costo de instalación con paneles monocristalinos de 350 Wp.

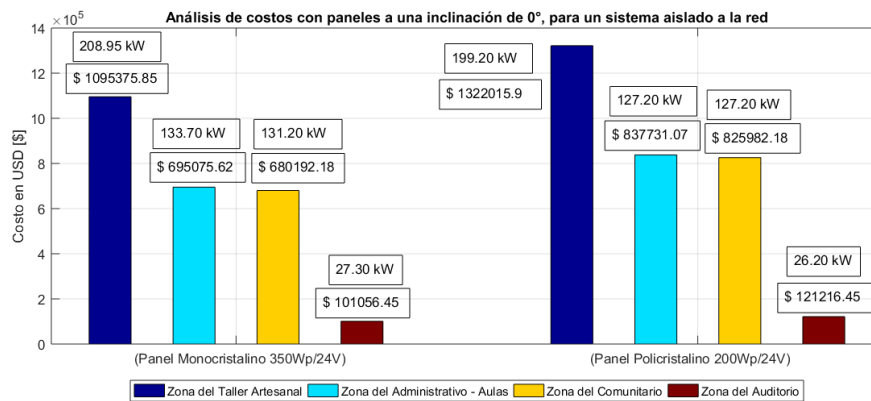


Figura 40. Costos, (Mono.350Wp – Poli.200Wp), inclinación 0°, Sistema aislado A.R
Elaborado por: Juan García.

5.3 Análisis de costos, paneles a una inclinación de 11°, Sistema A.R

Como se observó en el ejemplo anterior con respecto al mismo caso, Tabla 72, existe una similitud en el precio obtenido debido a que la cantidad de material utilizado es muy similar, esto sucederá para todos los ejemplos correspondientes a la inclinación de 11°. En este caso se tiene un costo de la instalación para la zona del Taller Artesanal \$1095705,85.

Tabla 72. Análisis de Costos a una inclinación de 11°, Sistema A.R.

Zona	Caso 1 [\$]	Caso 2 [\$]	P. Caso 1 [kW]	P. Caso 2 [kW]
Auditorio	101056,45	121216,45	27,30	26,20
Talleres	1095375,85	1322015,90	209,30	199,20
Administrativo - Aulas	695075,62	837855,65	133,70	127,20
Comunitario	680192,18	825982,18	131,25	125,00

Elaborado por: Juan García.

De manera similar el costo de instalación de la zona de Talleres (Caso 2) es muy parecido con el costo de instalación de \$1322215,90 de la Tabla 71 teniendo en cuenta que el aumento en los paneles es mínimo y el aumento de las baterías también; sin embargo, se puede decir que a medida que la inclinación de los paneles es mayor, se incrementa el número de paneles y, por lo tanto, el costo de la instalación es mayor.

En este caso en específico para la zona del Auditorio, el precio se mantuvo similar debido a que se obtuvo la misma cantidad de material al realizar los cálculos necesarios. Esto puede deberse a que al ser una inclinación mínima de panel con respecto al caso de 0° en este caso es de \$101056,45. Mientras que para el (Caso 2) zona del Auditorio el costo es de \$121216,45.

Considerando lo antes visto, la zona del Administrativo - Aulas mantiene esta relación con respecto a los casos donde la inclinación es de 0° y 11° respectivamente. Como se muestra en la Tabla 72, el costo de instalación es de \$695075,62. Siendo el costo entre los casos que están asociados a la misma zona tiene un incremento del 20% al 21 %, cuando se usa paneles de menor potencia pico. En este caso como se observa en la zona del Administrativo Aulas (Caso 2), el costo de instalación es de \$837855,65. Finalmente observa que el costo de la instalación corresponde a \$680192,18 para la Zona del Comunitario (Caso 1) y el costo de la instalación corresponde a \$825982,18 para la Zona del Comunitario con paneles de menor potencia pico (Caso 2).

Como se pudo observar en los casos donde la inclinación de panel es de 11°, existe una relación muy similar con respecto a los costos obtenidos en paneles con una inclinación a 0°, tomando como ejemplo estos casos analizados, se podría predecir que, para los paneles a una inclinación mayor, existirá una relación con respecto al incremento del número de paneles y al de la cantidad de baterías necesarias. Con respecto a los diseños propuestos, será mucho mayor y los precios serán aún más elevados que en los casos anteriormente analizados.

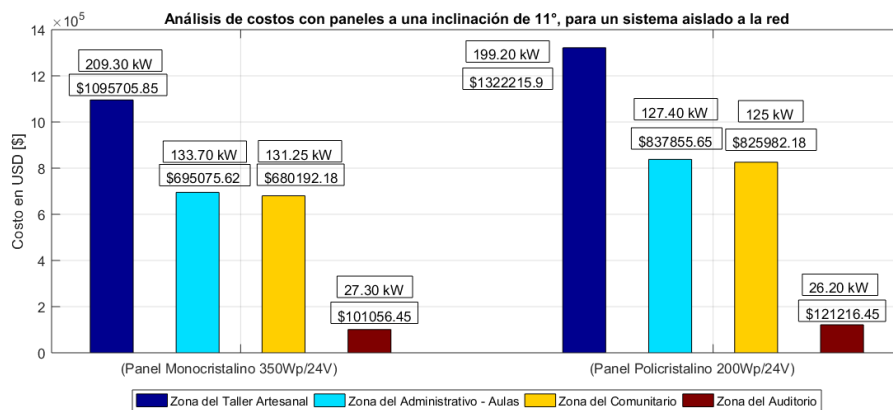


Figura 41. Costos, (Mono.350Wp – Poli.200Wp), inclinación 11°, Sistema A.R.

Elaborado por: Juan García.

Como se observó en la Figura 41 la zona de mayor consumo es donde se presenta un diseño que necesita mayor potencia de campo fotovoltaica y, por lo tanto, su precio aumenta con relación a las otras zonas analizadas, manteniendo una similitud en las zonas con respecto al caso donde la inclinación es de 0°.

5.4 Análisis de costos, paneles a una inclinación de 20°, Sistema A.R

Cuando la inclinación es de 20°, se podrá observar que el incremento en los precios con respecto a los ejemplos anteriores donde la inclinación es de 0° y 11° respectivamente, el incremento será de 2% y 3% más costoso mientras que como se observa en la Tabla 73 el coste de instalación para la zona del Taller Artesanal es de \$1127869,54 (Caso 1).

Tabla 73. Análisis de Costos a una inclinación de 20°, Sistema A.R.

Zona	Caso 1 [\$]	Caso 2 [\$]	P. Caso 1 [kW]	P. Caso 2 [kW]
Auditorio	105466,40	126176,45	31,50	29,60
Talleres	1127869,54	1359059,54	236,25	225,20
Administrativo - Aulas	715554,61	862464,61	133,70	127,40
Comunitario	700652,17	849012,17	131,25	125,00

Elaborado por: Juan García

Mientras que el costo de la instalación corresponde a \$1359059,54 para la Zona del Taller Artesanal con paneles de menor potencia pico (Caso 2).

En la Tabla 73 se puede observar que el costo de la instalación corresponde a \$105466,40 para la Zona del Auditorio (Caso 1) y \$126176,45 para la Zona del Auditorio con paneles de menor potencia (Caso 2). Mientras que el costo de instalación es \$715554,61 para la Zona del Administrativo - Aulas. (Caso 1) y \$862464,61 para la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 2) y para la zona del Comunitario el costo de la instalación corresponde a \$700652,17 (Caso 1) y \$849012,17 (Caso 2).

En estos casos donde la inclinación del panel es la máxima tomada para realizar los diseños, se puede intuir que los costos han ido incrementándose a medida que se busca suplir una determinada carga, por lo cual se descartó todos estos diseños y se replanteó un sistema mucho más económico y mucho más sencillo a nivel técnico, que se visualizará posteriormente en este documento.

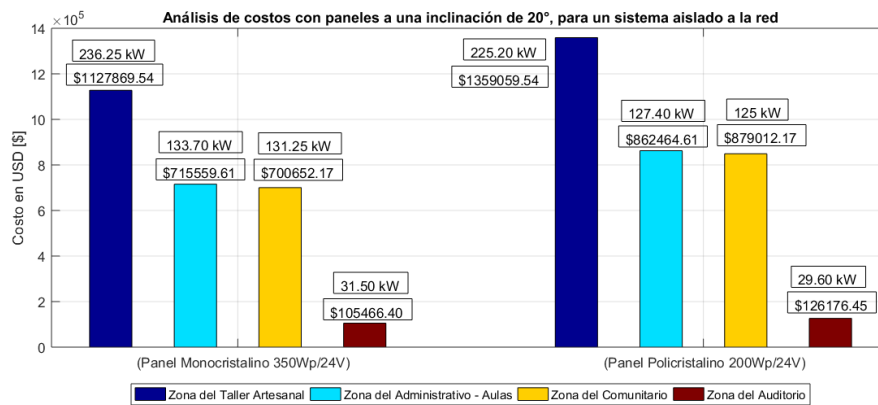


Figura 42. Costos, (Mono.350Wp – Poli.200Wp), inclinación 20°, Sistema A.R

Elaborado por: Juan García.

Finalmente se puede descartar todos estos diseños debido a su alto costo, es decir, se vuelve inviable para el C.E.P.S.B. cubrir estos altos costos, puesto que se busca una alternativa viable en términos técnicos y económicos; sin embargo, por este y otros motivos mencionados en el Capítulo IV, se decidió optar por un sistema conectado a la red debido a que el costo de las baterías representa entre un 75% y 76% del costo de la instalación fotovoltaica, por lo cual un sistema sin un banco de baterías evidentemente reducirá significativamente sus costos en el mismo o mayor porcentaje. En la Figura 42, se muestra los costos asociados a la instalación para suplir la demanda de cada una de las zonas respectivamente con un diseño de un sistema fotovoltaico aislado a la red.

5.5 Análisis del costo de instalación de un sistema C.R

Para el análisis del costo de la instalación fotovoltaica para un sistema conectado a la red se tomará en cuenta cada una de las zonas analizadas, teniendo también en consideración el precio de los paneles, la estructura, el inversor a diferencia del sistema aislado a la red. El detalle de cada uno de los casos se encuentra en el (Anexo 27), (Anexo 28), (Anexo 29).

5.6 Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, Sistema C.R

En la Tabla 74 se puede observar que el costo de la instalación corresponde a \$110370 para la Zona del Taller Artesanal, siendo un 90% más económico que el mismo ejemplo presentado en la Tabla 71 de un sistema aislado a la red, de tal manera que se observará que, en los costos asociados a los diseños presentados, existe una diferencia entre un 89% y 90% más económicos al eliminar el costo de instalación asociado al banco de baterías y a su cableado asociado. Esto nos permitió presentar diseños

económicamente más accesibles al bolsillo del C.E.P.S.B, siendo este un caso similar para los siguientes diseños que se presentarán.

Tabla 74. Análisis de Costos a una inclinación de 0°, Sistema C.R

Zona	Caso 1 [\$]	Caso 2 [\$]	P. Caso 1 [kW]	P. Caso 2 [kW]
Auditorio	15570	16650	10,85	10,73
Talleres	110370	118320	80,85	80,58
Administrativo - Aulas	64820	70855	51,45	51,43
Comunitario	64160	69110	50,75	50,60

Elaborado por: Juan García

Siendo el costo de la instalación corresponde a \$118320 para la Zona del Taller Artesanal, siendo entre un 7% y 8% más costoso que el ejemplo con un panel de mayor potencia pico para la misma zona. Mientras que el costo de la instalación corresponde a \$15570 para la Zona del Auditorio (Caso 1), siendo un precio relativamente accesible para el C.E.P.S.B y siendo este diseño considerado como viable técnica y económicamente con respecto a diseños anteriores y el costo de instalación de \$16650 para la Zona del Auditorio (Caso 2), siendo este caso también considerado como viable tanto en términos técnicos como económicos. Sin embargo, no serán los diseños finales seleccionados, pero si se puede afirmar que la zona del Auditorio resulta ser una de las más adecuadas para elaborar algún diseño fotovoltaico debido a su bajo consumo y a la disponibilidad física, es decir, resulta ser más apta para elaborar un diseño.

El costo de la instalación corresponde a \$64820 para la Zona del Administrativo Aulas (Caso 1) y \$70855 para la Zona del Administrativo Aula (Caso 2). En ambos casos asociados a la zona del Administrativo Aulas, se mantiene los parámetros mencionados anteriormente tanto de incremento de costos entre zonas y de la reducción de costos por la naturaleza del diseño.

Finalmente, el costo de la instalación corresponde a \$64160 para la Zona del Comunitario (Caso 1) y el costo de la instalación corresponde a \$69110 para la Zona del Comunitario. (Caso 2)

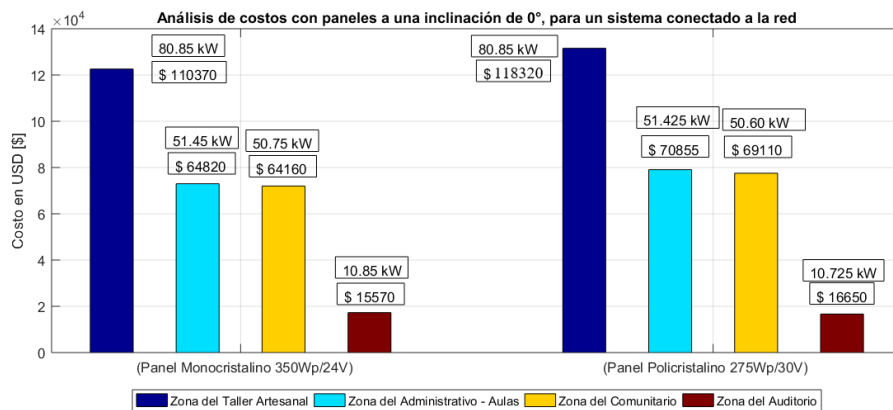


Figura 43. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 0°, Sistema C.R.

Elaborado por: Juan García.

Como se analizó anteriormente, existen ciertos factores que vuelven al costo de la instalación excesiva; sin embargo, como se observó cuando se elimina el banco de baterías y el cableado asociado a este, la instalación reducirá su costo con respecto a un sistema aislado a la red en un 90 %, y esto reducirá el aumento que existe entre los costos de instalación para una misma zona al usar un panel de menor potencia pico en este caso entre un 7% y 8% con un panel de 275 Wp. Como se observa en la Figura 43, existen diseños que ya son considerados económica y técnicamente viables.

5.7 Análisis de costos paneles a una inclinación de 11°, Sistema C.R

De manera similar que en la Tabla 75 se observa que tiene el mismo costo de instalación que la Tabla 74. Esto se debe a que la inclinación no varía mucho y como se observó anteriormente entre 0° y 11°, los costos de instalación no varían mucho o son similares como sucedió en los ejemplos anteriores.

Tabla 75. Análisis de Costos a una inclinación de 11°, Sistema C.R.

Zona	Caso 1 [\$]	Caso 2 [\$]	P. Caso 1 [kW]	P. Caso 2 [kW]
Auditorio	15570	16650	10,85	10,73
Talleres	110370	118590	80,85	80,58
Administrativo - Aulas	64820	70855	51,45	51,43
Comunitario	64160	69110	50,75	50,60

Elaborado por: Juan García

En ese caso el costo de la instalación corresponde a \$110370 para la Zona del Taller Artesanal (Caso 1) y \$118590 para la Zona del Taller Artesanal (Caso 2), manteniendo este incremento de costo entre una misma zona cuando se usa un panel de menor potencia pico entre el 7% y el 8%.

Mientras que el costo de la instalación corresponde a \$15570 para la Zona del Auditorio (Caso 1) y \$16650 para la Zona del Auditorio (Caso 2), siendo un diseño viable en términos técnicos y económicos.

Finalmente, el costo de la instalación corresponde a \$64820 para la Zona del Administrativo – Aulas (Caso 1), \$70855 (Caso 2) y el costo de la instalación corresponde a \$64160 para la Zona del Comunitario (Caso 1) y \$69110 (Caso 2)

En la Figura 44, se puede observar que de manera similar que en la Figura 43, se obtuvieron resultados muy similares, siendo los diseños que más resaltan por su bajo costo los correspondientes a la zona del Auditorio, dando la posibilidad de la selección de estos diseños.

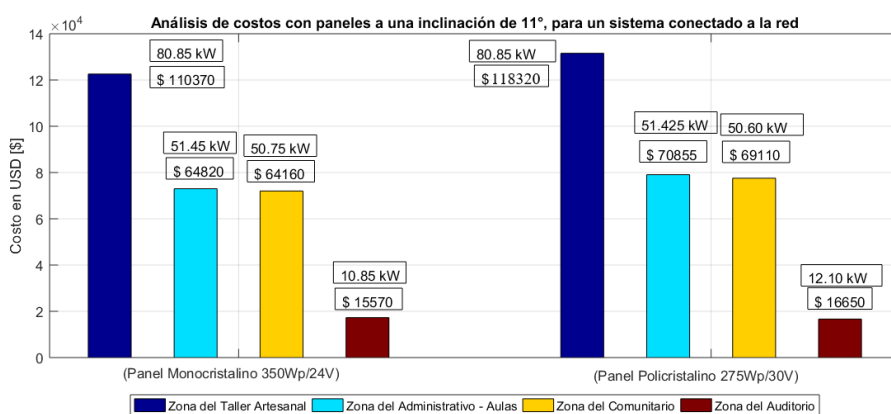


Figura 44. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 11°, Sistema C.R.

Elaborado por: Juan García.

5.8 Análisis de costos, paneles a una inclinación de 20°, Sistema C.R

En la Tabla 76 se puede observar que el costo de la instalación corresponde a \$122610 para la Zona del Taller Artesanal con respecto a la Tabla 74 y Tabla 75 con una inclinación a 20° se tiene un incremento en los precios de entre un 10% y 11 % más costoso con respecto a las inclinaciones de 0° y 11°, siendo esta una constante para los diseños presentados en esta sección.

Tabla 76. Análisis de Costos a una inclinación de 20°, Sistema C.R.

Zona	Caso 1 [\$]	Caso 2 [\$]	P. Caso 1 [kW]	P. Caso 2 [kW]
Auditorio	17280	18000	12,25	12,10
Talleres	122610	131580	91,35	91,30
Administrativo - Aulas	72980	79070	58,45	58,30
Comunitario	71990	77540	57,40	57,20

Elaborado por: Juan García

El costo de la instalación corresponde a \$131580 para la Zona del Taller Artesanal (Caso 2). Para el Auditorio el costo es de \$17280 (Caso 1), el cual es considerado como un diseño viable en términos técnicos y económicos a pesar del aumento de entre un 10% y 11% con respecto a los diseños anteriores. Finalmente, el costo de la instalación corresponde a \$18000 para la Zona del Auditorio (Caso 2) y \$72980 (Caso 1) y \$79070 para la Zona del Administrativo – Aulas (Caso 2). Para la Zona del Comunitario el costo de la instalación corresponde a \$71990 (Caso 1) y \$77540 (Caso 2).

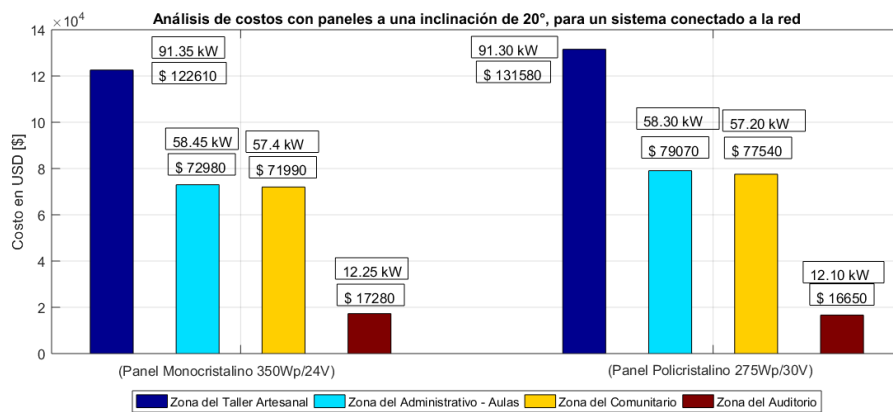


Figura 45. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 20°, Sistema C.R

Elaborado por: Juan García.

Al igual que en los primeros diseños de sistemas aislados a la red, en la Figura 45 se destaca los que pertenecen al Auditorio y se descartan los que corresponden a la Zona del Taller Artesanal, puesto que es la zona de mayor consumo en relación con las otras, siendo los diseños más favorables aquellos que corresponden a la zona del Auditorio y Comunitario.

5.9 Análisis del costo de instalación de un sistema C.R Carga lumínica - combinación zonas

Al tratarse de un sistema conectado a la red se tomará en cuenta el precio de los paneles, la estructura y el inversor. El detalle de cada uno de los casos se encuentra en el (Anexo 30), (Anexo 31), (Anexo 32).

5.10 Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20° para un sistema

C.R, Carga lumínica total

En la Tabla 77 se puede observar que el costo de la instalación corresponde a todas las luminarias de cada una de las zonas antes mencionadas, siendo unos diseños relativamente económicos y que podrían ser considerados para la selección final.

Tabla 77. Análisis de Costos, inclinación de 0°, 11°, 20°, (Carga Lumínica Total).

Sistema C.R

Inclinación [°]	Caso 1 [\$]	Caso 2 [\$]	P. Caso 1 [kW]	P. Caso 2 [kW]
0	24316	26116	19,95	19,80
11	24316	26116	19,95	19,80
20	27406	29596	22,40	22,50

Elaborado por: Juan García

En la Tabla 77 se observa que el costo de la instalación a una misma inclinación, pero diferente panel aumento a \$26116, siendo entre un 7% y 8% más costoso, debido a que se usa un panel de menor potencia pico. Esto se sigue manteniendo para los diseños conectados a la red cuando se realiza una comparativa similar con un panel de menor potencia pico. Sin embargo, es considerado como un diseño viable en términos técnicos y económicos, el cual puede ser considerado para una selección del diseño final, lo cual se observará posteriormente en este documento.

Finalmente se observa que el costo de la instalación considerando todas las luminarias de cada una de las zonas antes mencionadas, cuando la inclinación corresponde a 20°, los diseños son 12% a 13 % más costoso en relación a los diseños con una inclinación de 0° y 11°.

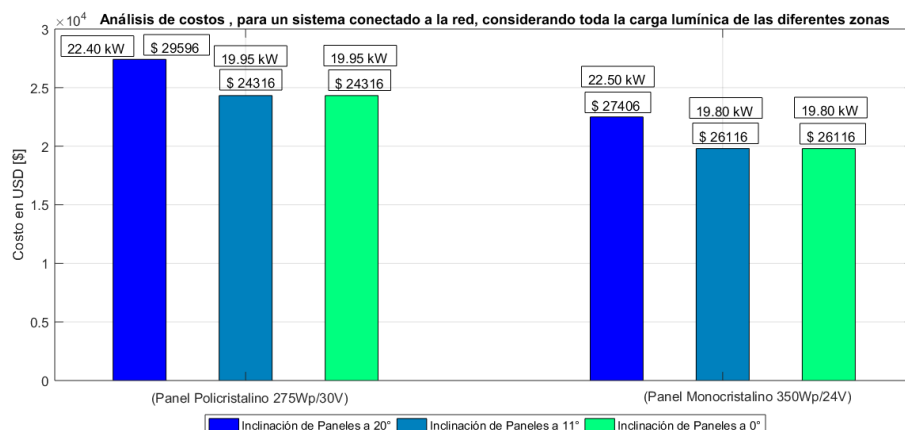


Figura 46. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 0°, 11° y 20°, (Carga Lumínica Total),

Sistema C.R

Elaborado por: Juan García.

Como se observa en la Figura 46 a medida que los diseños disminuyen su carga total, estos irán reduciendo su costo significativamente hasta obtener unos costos más próximos a los solicitados por el C.E.P.S.B.

5.11 Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20°, Sistema C.R, Carga lumínica Auditorio- Comunitario

En la Tabla 78 se puede observar el costo de la instalación considerando la carga lumínica del Auditorio y Comunitario, siendo estos diseños viables en términos técnicos y económicos.

Tabla 78. Análisis de Costos, inclinación de 0°, 11°, 20°, (Carga Lumínica Auditorio - Comunitario). Sistema C.R.

Inclinación [°]	Caso 1 [\$]	Caso 2 [\$]	P. Caso 1 [kW]	P. Caso 2 [kW]
0	9376	10186	7	7,15
11	9376	10186	7	7,15
20	10756	11386	8,05	7,98

Elaborado por: Juan García

Mientras que con un panel de menor potencia pico (Caso 2), un diseño es entre un 7% y 8% más costoso cuando tiene la misma inclinación.

En la Figura 47 se detallan los análisis mencionados anteriormente en donde se puede afirmar que todos estos diseños son considerados técnica y económicamente viables para el C.E.P.S.B., siendo los más económicos entre un 7% y 8% aquellos que corresponden a los diseños que tiene paneles con una inclinación entre 0° y 11° respectivamente; sin embargo, no fueron seleccionados como diseños finales, puesto que se buscaba, diseños aún más económicos.

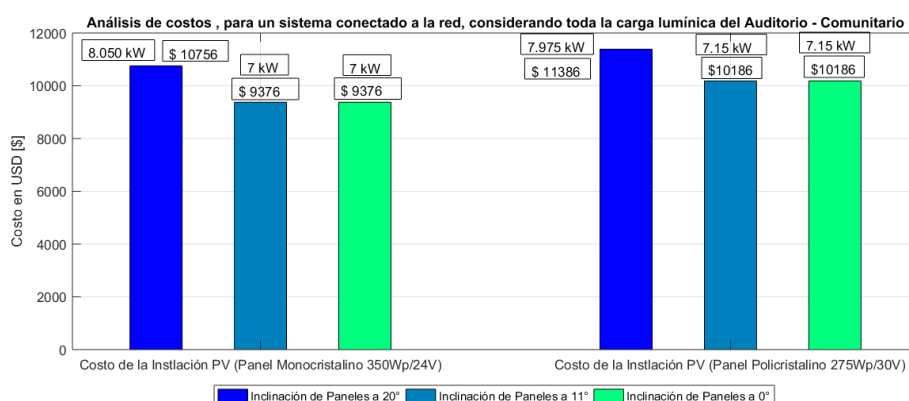


Figura 47. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 0°, 11° y 20°, (Carga Lumínica Auditorio - Comunitario), Sistema C.R.

Elaborado por: Juan García.

5.12 Análisis de costos, paneles a una inclinación de 0°, 11° y 20°, sistema C.R, Carga lumínica Talleres- Administrativo

En la Tabla 79 se puede observar el costo de la instalación corresponde la carga lumínica del Taller y el Administrativo – Aulas.

Tabla 79. Análisis de Costos, inclinación de 0°, 11°, 20°, (Carga Lumínica Talleres – Administrativo Aulas). Sistema C.R

Inclinación [°]	Caso 1 [\$]	Caso 2 [\$]	P. Caso 1 [kW]	P. Caso 2 [kW]
0	15826	17146	12,60	12,65
11	15826	17146	12,60	12,65
20	17866	19156	14,70	14,30

Elaborado por: Juan García

Similar al inciso 5.9 con un panel de menor potencia pico (Caso 2), un diseño es entre un 7% y 8% más costoso cuando tiene la misma inclinación.

En la Figura 48 se puede observar que los costos asociados a los diseños, considerando la carga lumínica de las zonas mencionadas anteriormente, arrojan resultados económicamente viables; sin embargo, se optó por diseños para dos zonas individuales, puesto que al final a petición del Administrador, se escogió diseños mucho más pequeños y económicos para las zonas donde generalmente existió mayor incidencia de reducción de costos los cuales fueron el Auditorio y el Comunitario, lo cual se detallará en la secciones 5.13 y 5.17 de este capítulo.

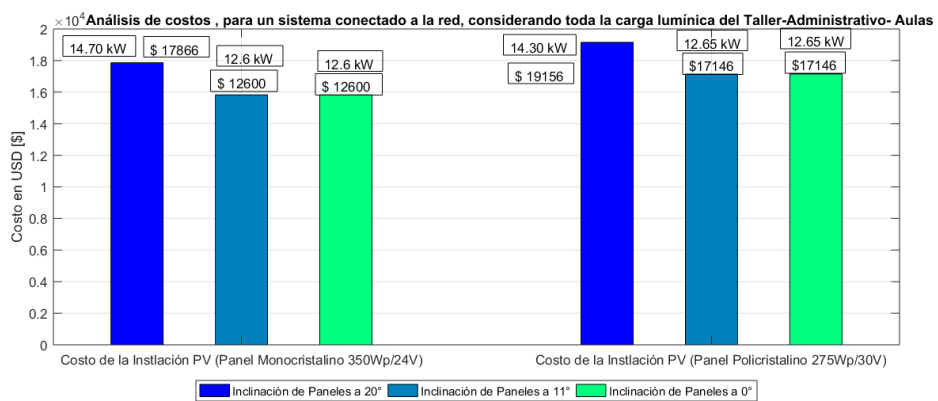


Figura 48. Costos (Mono.350Wp – Poli.275Wp), inclinación 0°, 11° y 20°, (Carga Lumínica Talleres - Administrativo Aulas), Sistema C.R.

Elaborado por: Juan García.

Para el análisis final de los diseños seleccionados se tomará en cuenta adicionalmente el costo de mano de obra y una serie de costos sin desglosar, y el reembolso obtenido a través de la herramienta de Revit.

5.13 Análisis de costos con paneles a una inclinación de 11°, Sistema CR, carga lumínica Comunitario

En la Tabla 80 se puede observar que el costo de la instalación corresponde a \$6620 considerando la carga lumínica del Comunitario.

Tabla 80. Análisis de costos, carga lumínica del Comunitario P. 5,25 [kW]

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	15	330	4950
Estructura (ajustable) para 5 paneles	3	390	1170
Inversor 3 kW	1	500	500
Costo Total de la Instalación:			6620

Elaborado por: Juan García.

5.14 Análisis de costos de mano de obra para el diseño del Comunitario

Para esto se consideró que la instalación se realizará en un periodo de dos semanas laborales con un costo de mano de obra de \$3 dólares la hora en una jornada laboral de 8 horas durante 5 días a la semana, y se necesitará de un total de 3 personas para realizar la instalación. Esto se detallará en la Tabla 81.

Tabla 81. Análisis de costos de mano de obra para el diseño del Comunitario

Consideración de mano de obra	Costo \$
Técnico Instalador A:	240
Técnico Instalador B:	240
Técnico Instalador C:	240
Costo total de mano de obra durante las dos semanas de trabajo proyectado:	720

Elaborado por: Juan García.

5.15 Análisis de costos sin desglosar para el diseño del Comunitario

Para estos costos se considerará el costo de transporte del material y la compra de material necesario para realizar la instalación, el detalle se encuentra en la Tabla 82.

Tabla 82. Análisis de costos sin desglosar para el diseño del Comunitario

Consideración	Costo \$
Transporte de material:	150
Material Técnico (herramientas, cables, varios):	200
Consideración de costos varios:	350

Elaborado por: Juan García.

5.16 Análisis de reembolso y costo del kW/h, diseño del Comunitario

La predicción del costo final de la instalación fotovoltaica para el diseño que considera la carga lumínica del Comunitario sería de \$7690. De esta manera el costo de la energía sería de \$1,46, que se obtiene a través de la expresión (33), los cuales serán reembolsados en un periodo de 12,18 años. Esto se logra obtener a través de la ecuación (34), que representa la energía mensual que generan los paneles durante su vida útil de aproximadamente 30 años para obtener el costo por consumo mensual de los paneles (35), es decir, el ahorro mensual en la energía que se obtendría por la instalación, teniendo en cuenta que el costo del kWh en Ecuador es de \$0,10, se obtiene la cantidad de años en el cual se reembolsa el costo total de la instalación (36)

5.17 Análisis de costos, paneles a una inclinación de 11°, Sistema C.R, Carga lumínica del Auditorio

En la Tabla 83 se puede observar que el costo de la instalación corresponde a \$2540, considerando la carga lumínica del Auditorio.

Tabla 83. Análisis de costos, carga lumínica del Auditorio. P. 1,75 [kW]

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	5	330	1650
Estructura (ajustable) para 5 paneles	1	390	390
Inversor 3 kW	1	500	500
Costo Total de la Instalación:			2540

Elaborado por: Juan García.

5.18 Análisis de costos de mano de obra para el diseño que considera la carga lumínica del Auditorio

Para esto se consideró que la instalación se realizará en un periodo de una semana laboral con un costo de mano de obra de \$3 dólares la hora en una jornada laboral de 8 horas durante 5 días a la semana, y se necesitará de un total de 3 personas para realizar la instalación. Esto se detallará en la Tabla 84.

Tabla 84. Análisis de mano de obra para el diseño del Auditorio

Consideración de mano de obra	Costo \$
Técnico Instalador A:	120
Técnico Instalador B:	120
Técnico Instalador C:	120
Costo total de mano de obra durante las dos semanas de trabajo proyectado:	360

Elaborado por: Juan García

5.19 Análisis de costos sin desglosar para el diseño del Auditorio

Para estos costos se considerará el costo de transporte del material y la compra de material necesario para realizar la instalación. El detalle se encuentra en la Tabla 85.

Tabla 85. Costos sin desglosar para el diseño del Auditorio

Consideración	Costo \$
Transporte de material:	100
Material Técnico (herramientas, cables, varios):	100
Consideración de costos varios:	200

Elaborado por: Juan García.

5.20 Análisis de reembolso y costo del kW/h para el diseño del Auditorio

De esta manera la predicción del costo final de la instalación fotovoltaica para el diseño que considera la carga lumínica del Auditorio sería de \$3100. De esta manera el costo de la energía aproximado es de \$1,77, los cuales serán reembolsados en un periodo de 14,73 años los cuales se obtuvieron a través de la ecuación (36)

CONCLUSIONES

Al realizar los diseños de un sistema fotovoltaico para el C.E.P.S.B, se elaboró y presentó una cantidad considerable de diseños, que fueron paulatinamente descartados a medida que se buscaba un emplazamiento y zona de consumo más adecuada con respecto a los parámetros técnicos y económicos que se fueron planteando, dando como resultado el diseño y entrega de dos proyectos, los cuales fueron el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red para alimentar la carga lumínica del Comunitario y el diseño de un sistema conectado a la red para alimentar la carga lumínica del Auditorio, siendo estos diseños los más adecuados y viables para el C.E.P.S.B.

Se consiguió realizar una comparativa satisfactoria entre el estudio de consumo realizado a través de la formulación matemática y el estudio por áreas obtenido por medio del software Revit, donde se planteó que, a nivel técnico, la potencia de campo fotovoltaico o el número de paneles necesarios obtenidos a través de esta herramienta, sea menor al estudio obtenido mediante la formulación matemática para considerar al diseño como una posibilidad viable a nivel técnico.

Se logro determinar la capacidad fotovoltaica con respecto a los emplazamientos o zonas de cada uno de los diseños que fueron planteados en este documento tanto de un sistema aislado a la red como de un sistema conectado a la red, siendo los diseños de sistemas aislados a la red descartados a nivel técnico debido a los parámetros físicos de disponibilidad del C.E.P.S.B., siendo los diseños seleccionados como viables y posibles alternativas algunos diseños de sistemas conectados a la red, puesto que requieren entre un 60 % a 75 % menor cantidad de paneles con relación a los diseños aislados a la red, dependiendo de la potencia pico del panel seleccionado al realizar el arreglo fotovoltaico, siendo los diseños finales los mencionados anteriormente y que corresponden a la metodología de un diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red.

Se pudo determinar a través del análisis de costos que los sistemas conectados a la red resultaron ser un 90 % más económicos que los sistemas aislados a la red, que carecen de un banco de baterías, siendo estos diseños descartados por su alto costo, donde los diseños seleccionados como finales mantuvieron un presupuesto final de \$3100 a \$7690 y con un periodo de reembolso energético que va desde los 12 – 15 años respectivamente.

RECOMENDACIONES

Se recomienda optar por diseños de sistemas fotovoltaicos en general cuando se busca realizar la alimentación autónoma o semi autónoma de la carga lumínica de un edificio residencial o comercial, puesto que resulta ser una alternativa de carácter ecológico y de cierta manera puede dar más armonía a una construcción y sobre todo la carga lumínica resulta ser una carga representativa pero no tan significativa para el sistema fotovoltaico, tanto si es conectado como aislado a la red.

Al usar Revit, se debe tomar en consideración que no es necesario optar por el 10 % de disponibilidad física, en el espacio donde se busca realizar el diseño fotovoltaico y que esta herramienta a través de un paquete de análisis solar gratuito, permite comparar los resultados de periodo de reembolso, costo del kW instalado, irradiación incidente sobre superficies, entre otras herramientas de análisis solar con los obtenidos a través de las metodologías de diseño, siendo una herramienta gráfica y más dinámica que otras que se puedan considerar.

Es recomendable optar para estos diseños con potencias de campo fotovoltaico considerables el uso de paneles fotovoltaicos con mayor capacidad de potencia pico, puesto que esto reduce significativamente el número de paneles necesarios en un arreglo fotovoltaico, lo que se traduce en una reducción de costos y optimización del espacio físico donde se realiza la instalación de estos.

Se debe considerar que cuando se realizó el análisis de un sistema fotovoltaico con paneles de menor potencia pico, estos resultaron ser entre un 7% y 11%, más costosos en sistemas conectados a la red y entre un 20% y 21% en sistemas aislados a la red, puesto que un panel de mayor potencia y mejor eficiencia, paneles monocristalinos, reducirá la cantidad de paneles para suplir una determinada demanda, reduciendo significativamente los costos de instalación asociados.

REFERENCIAS

- [1] E. Wing, *Autodesk Revit architecture 2011*. Indianapolis, Ind.: Wiley Pub., 2010.
- [2] "Solar Analysis plugin now available for Revit | Insight 360", *Blogs.autodesk.com*, 2019. [Online]. Available: <https://blogs.autodesk.com/insight/solar-analysis-plugin-now-available-for-revit/>. [Accessed: 01- Sep- 2019].
- [3] A. Raúl and V. Marcos, "Estudio comparativo de distintas tecnologías fotovoltaicas," Universidad Carlos III de Madrid, 2013.
- [4] NEC - 11, "Capítulo 14 - Energías Renovables," *Norma Ecuatoriana De Construcción, NEC - 11*. p. 110, 2011.
- [5] S. Kaplan, *Wiley electrical and electronics engineering dictionary*. [Piscataway, NJ]: IEEE Press, 2004.
- [6] CONELEC, "Consejo Nacional De Electricidad. Atlas solar del Ecuador," pp. 151, 2008.
- [7] J. Muñoz, M. Rojas, and C. Barreto, "Incentive Pertaining To Energy the Generation Distributed in Ecuador," *Ingenius-Revista Cienc. Y Tecnol.*, no. 19, pp. 60–68, 2018.
- [8] "Google Earth", *Earth.google.com*, 2019. [Online]. Available: <https://earth.google.com> [Accessed: 19- Sep- 2019]
- [9] INAMHI, "Anuario Meteorológico Nro 51-2011," *Dir. Gestión Meteorológica*, vol. 51, p. 149, 2014.
- [10] *Marlec.co.uk*, 2019. [Online]. Available: <https://www.marlec.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/FM910-4-Manual-D.pdf>. [Accessed: 14- Jul- 2019]
- [11] R. Messenger and J. Ventre, *Photovoltaic systems engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis, 2010.
- [12] I. Risser, V. Vernon, Daystar, "Stand-Alone Photovoltaic Systems." p. 437, 1995.
- [13] H. M. Shertukde, *Renewable Power and Energy Photovoltaic Systems Power and Energy*, vol. I.
- [14] N. Pearsall, "The Performance of Photovoltaic (PV) Systems," *The Performance of Photovoltaic (PV) Systems*. p. 352, 2017.
- [15] B. Brooks and S. White, *Photovoltaic systems and the national electric code*. 2018.
- [16] "Productos Energía Solar - Marca Francesa Eco Green Energy desde 2008", *Eco Green Energy*, 2019. [Online]. Available: <http://www.eco-greenenergy.com/es/productos/>. [Accessed: 26- Mayo- 2019]
- [17] T. Khatib and W. Elmenreich, "Modeling of Photovoltaic Systems Using Matlab." p. 242, 2016.

- [18] O. Perpiñán, A. Colmenar, and M. A. Castro, “Diseño de Sistemas Fotovoltaicos.” p. 133, 2015
- [19] M. Aljarefe, “2009-Energia_Solar-Aplicaciones.pdf.” p. 152, 2009.
- [20] "Sunbright Power Co.,Limited", Global Sources, 2020. [Online]. Available: <https://spanish.globalsources.com/si/AS/Sunbright-Power/6008852016586/Homepage.htm>. [Accessed: 2- Jun- 2019]
- [21] M. Boxwell, “Solar Electricity Handbook.” p. 1130, 2012.
- [22] "Charge Controllers | Schneider Electric Global", Se.com, 2019. [Online]. Available: <https://www.se.com/ww/en/product-subcategory/7020-charge-controllers/>. [Accessed: 10- Jun- 2020]
- [23] E. P. A. Laplante, “Special Symbols,” *North-holl. Math. Libr.*, vol. 64, no. C, pp. 613–614, 2002.
- [24] "Growatt New Energy", Ginverter.com, 2020. [Online]. Available: https://www.ginverter.com/?gclid=CjwKCAjwr7X4BRA4EiwAUXjbt_awZHK47sDRmwudi01b9fmiTMzNnCyTwLDY6Jco8pJNzXCpPIE1oRoCj7gQAvD_BwE. [Accessed: 12- Jun- 2020]
- [25] B. Boeckl and T. Kienberger, “Sizing of PV storage systems for different household types,” *J. Energy Storage*, vol. 24, no. September 2018, p. 100763, 2019.
- [26] C. Paul, N. G. and L. Martin, “Comparison of solar panel monocristalino 0 and 20 ° vs policristalino 0 and 20 ° of inclination in Puerto Vallarta” *Revista del Desarrollo Tecnológico*, vol. 2, no. 6, pp. 1–7, 2018.
- [27] NEC - 11, “Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10 parte 14-2 Energía Renovable Sistemas de Generación con Energía Solar Fotovoltaica para Sistemas Aislados y Conexión a Red de hasta 100 kW en el Ecuador,” *Norma Ecuatoriana De Construcción, NEC - 11*. p. 62, 2011.
- [28] G. Díaz Corcobado, Tomás; Carmona Rubio, *Instalaciones solares fotovoltaicas*, 1st ed. Mc Graw Hill, 2010.
- [29] E. España, J; Villarruel, “Diseño de un Sistema de Energía Fotovoltaica de Emergencia para la Iluminación en Laboratorios,” Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2013.
- [30] J. Videla, "Taller virtual Gratuito - Dimensionamiento de Sistemas Fotovoltaicos", Lima, 2019.

- [31] C. Alvarado, "Diseño y construcción de un sistema de iluminación autosustentable fotovoltaico para una parada de buses y su valla informativa del sistema integrado de transporte de Cuenca," Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2015.
- [32] P. A. Peña Ortiz and F. S. Pinos Vergara, "Parametrización de los sistemas eléctricos fotovoltaicos basados en las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca, aplicados en la Universidad Politécnica Salesiana," Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2014.
- [33] E. Gutierrez, D. Aguirre, J. Carpio, and J. L. Jaramillo, "Sistemas mixtos fotovoltaicos - energía eléctrica convencional para iluminación: dimensionamiento del componente fotovoltaico," 2010.
- [34] Bussmann, "Protección de Circuitos Solares Completa y Fiable." p. 48, 2019.
- [35] C. Uzquiano, M. Sullivan, and X. Sandy, "Capacitación e instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades de Carmen del Emero y Yolosani," *Wildlife Conservation Society*. Wildlife Conservation Society, Bolivia, p. 40, 2015.
- [36] X. Almeida, E; Peñaherrera, "Diseño e implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos con capacidad de 35 kW· h/mes para transmitir la energía eléctrica generada al compresor de una bomba de calor.," Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2018.

ANEXOS

Anexo 1: Demanda del Centro de Educación Permanente “San Bartolo”, proporcionada por el Ing. Benigno Santos N

Benigno Santos N.

Ingeniero Eléctrico

Lola Quintana N6-57 Conocoto QUITO-ECUADOR

DETERMINACION DE DEMANDA

13/04/2018

NOMBRE DEL PROYECTO: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CENTRO DE FORMACIÓN SAN BARTOLO

UBICACIÓN: Teodoro Gómez de la Torre y Alonso de la Fuente

Descripción	Cantidad	P/ Unit.	Pn (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
TALLER ARTESANAL							
Luminaria	60	60	3600	100	3600,00	80	2880,00
Torno	10	350	3500	80	2800,00	75	2100,00
Fresadora	5	350	1750	80	1400,00	75	1050,00
Cepilladora	3	240	720	90	648,00	65	421,20
Soldadora 1	5	4500	22500	90	20250,00	75	15187,50
Soldadora 2	8	6000	48000	90	43200,00	75	32400,00
Amoladora	10	80	800	90	720,00	45	324,00
Cortadora	5	250	1250	80	1000,00	60	600,00
Taladro	5	180	900	80	720,00	50	360,00
Guillotina	3	200	600	70	420,00	60	252,00
Proyector	5	1200	6000	60	3600,00	40	1440,00
CNC	3	900	2700	80	2160,00	50	1080,00
Exteriores	10	80	800	100	800,00	100	800,00
Varias	20	100	2000	80	1600,00	45	720,00
ADMINISTRATIVO AULAS							
Luminaria	150	25	3750	100	3750,00	60	2250,00
Proyector	10	1200	12000	70	8400,00	45	3780,00
Computadora	120	350	42000	40	16800,00	40	6720,00
Audio-video	60	50	3000	40	1200,00	40	480,00
Impresora	8	150	1200	30	360,00	50	180,00
Exteriores	10	80	800	100	800,00	100	800,00
Centro de datos	1	200	200	100	200,00	100	200,00
Varios	10	50	500	80	400,00	45	180,00

AUDITORIO

Luminaria	70	35	2450	100	2450,00	90	2205,00
Proyector	4	1200	4800	70	3360,00	45	1512,00
Computadora	30	350	10500	40	4200,00	40	1680,00
Audio-video	10	100	1000	100	1000,00	60	600,00
Impresora	6	900	5400	30	1620,00	50	810,00
Calefactor	6	800	4800	60	2880,00	40	1152,00
Exteriores	20	80	1600	100	1600,00	100	1600,00
Varios	10	60	600	80	480,00	45	216,00

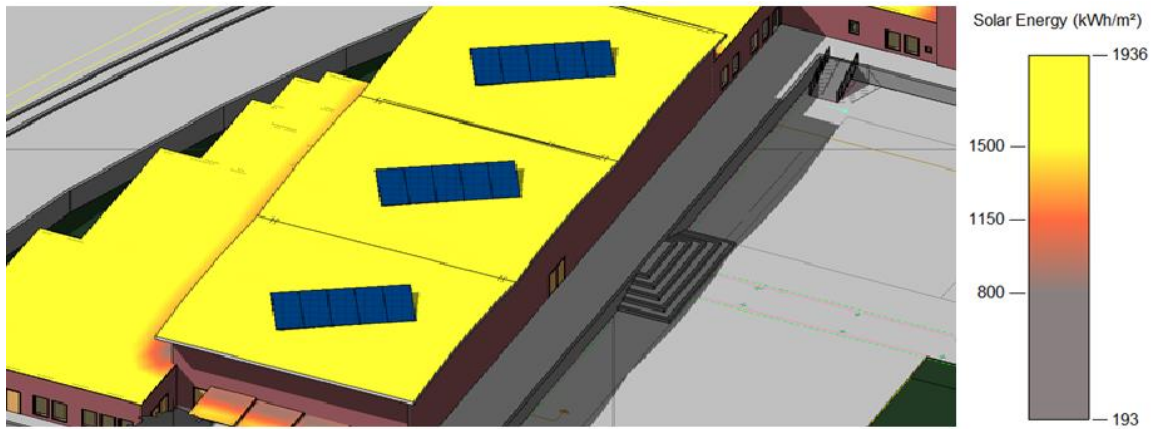
Descripción	Cantidad	P/ Unit.	Pn (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
COMUNITARIO							
Luminaria	40	75	3000	100	3000,00	60	1800,00
Audio-video	3	80	240	80	192,00	60	115,20
Cocina	2	15000	30000	75	22500,00	60	13500,00
Micro-onda	6	800	4800	75	3600,00	75	2700,00
Exteriores	25	80	2000	100	2000,00	100	2000,00
Varios	5	50	250	80	200,00	45	90,00

TOTAL: 131.818,00 104.184,90

FACTOR DE POTENCIA : 0,92 FD= 0,79
DMU (KVA) : 113,24

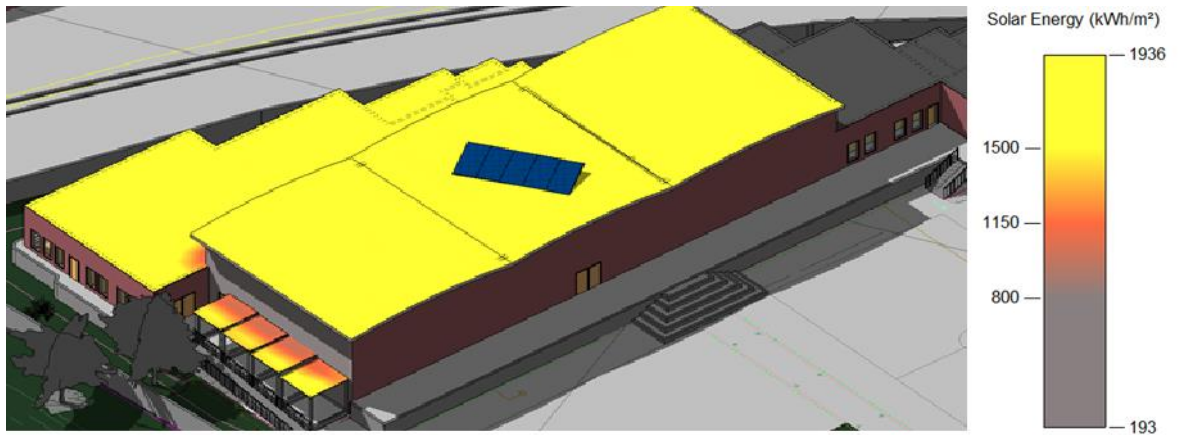
TRANSFORMADOR DE 125 KVA

Anexo 2: Disposición de los paneles solares para alimentar la carga lumínica del Comunitario, (Diseño final)



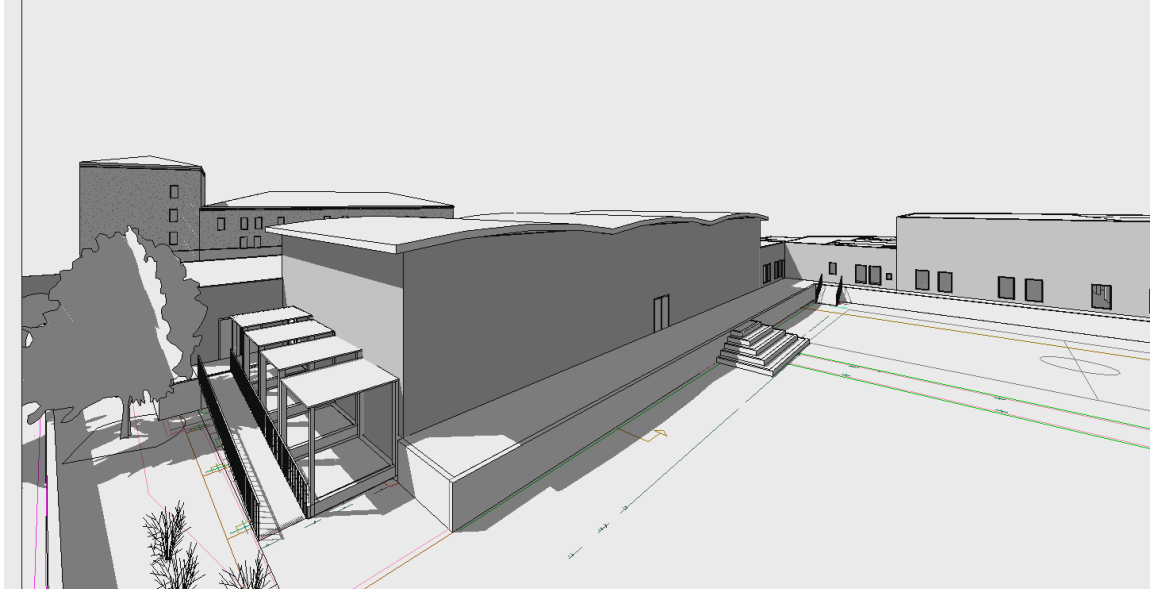
Elaborado por: Juan García.

Anexo 3: Disposición de los paneles solares para alimentar la carga lumínica del Auditorio, (Diseño final)



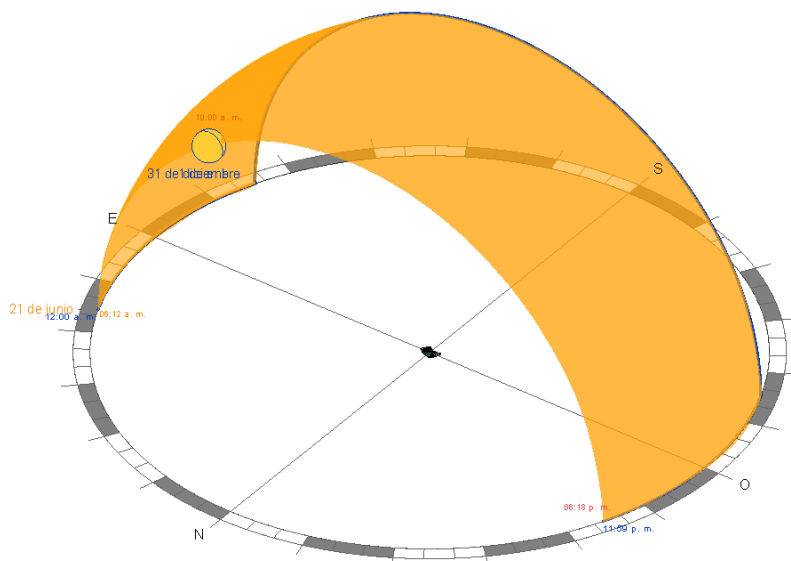
Elaborado por: Juan García.

Anexo 4: Estudio de sombreado de los edificios adyacentes al centro de Educación Permanente “San Bartolo” del 18 de agosto de 2018, hora: 10:14 am, Zona de los Domos – Auditorio y Taller.



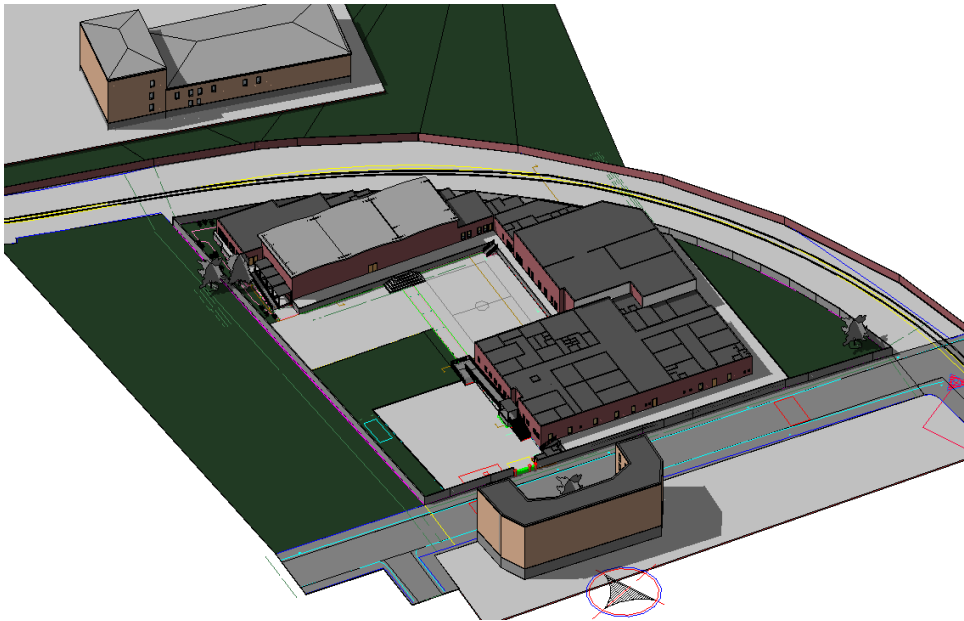
Elaborado por: Juan García.

Anexo 5: Simulación del camino del sol incidente sobre el centro de Educación Permanente “San Bartolo” del 18 de agosto de 2018, hora: 10:14 am, considerando el norte propio del edificio



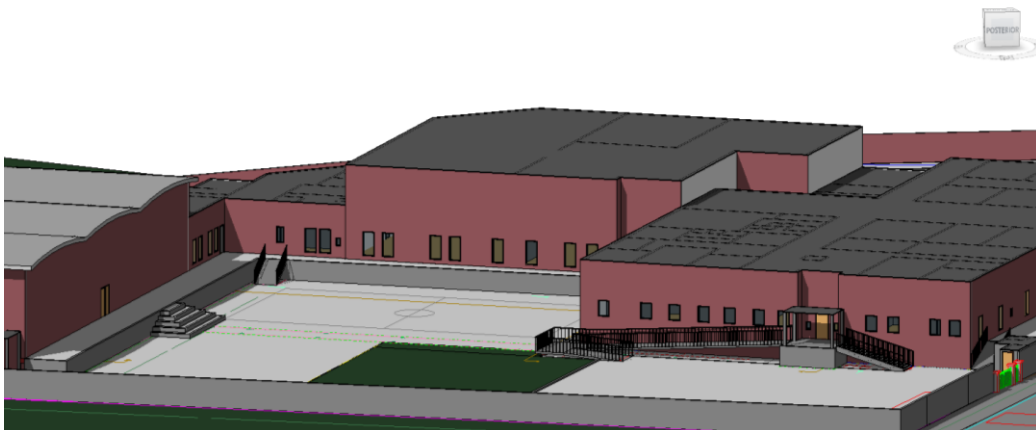
Elaborado por: Juan García.

Anexo 6: Vista superior frontal del centro de Educación Permanente “San Bartolo”, modelada en Revit, considerando los edificios aledaños.



Elaborado por: Juan García.

Anexo 7: Vista posterior lateral del centro de Educación Permanente “San Bartolo”, modelada en Revit.



Elaborado por: Juan García.

Anexo 8: Tablas de cálculo de la cantidad de paneles necesarios a una inclinación de 0° para un Sistema Aislado a la Red.

Tabla A.1. Cálculo de Paneles de la Zona del Auditorio (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	56114,9620
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	29,8027
Número de paneles necesarios:	78
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	39
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	27458,6526
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	354,6089

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.2. Cálculo de Paneles de la Zona del Auditorio (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	56114,9620
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	17,8685
Número de paneles necesarios:	131
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	65
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	26170,3974
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	354,6089

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.3. Cálculo de Paneles de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	272909,6990
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	29,8027
Número de paneles necesarios:	382
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	191
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	133542,5056
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1724,6061

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.4. Cálculo de Paneles de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	272909,6990
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	17,8685
Número de paneles necesarios:	636
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	318
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	127277,2009
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1724,6061

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.5. Cálculo de Paneles de la Zona del Taller Artesanal (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	427302,2838
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	29,8027
Número de paneles necesarios:	597
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	299
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	209091,2042
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	2700,2636

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.6. Cálculo de Paneles de la Zona del Taller Artesanal (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	427302,2838
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	17,8685
Número de paneles necesarios:	996
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	498
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	199281,4429
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	2700,2636

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.7. Cálculo de Paneles de la Zona del Comunitario (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	268146,6865
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	29,8027
Número de paneles necesarios:	375
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	187
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	131211,8276
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1694,5070

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.8. Cálculo de Paneles de la Zona del Comunitario (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	268146,6865
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	17,8685
Número de paneles necesarios:	625
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	313
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	125055,8694
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1694,5070

Elaborado por: Juan García.

Anexo 9: Tablas de cálculo de la cantidad de paneles necesarios a una inclinación de 11° para un Sistema Aislado a la Red.

Tabla A.9. Cálculo de Paneles de la Zona del Auditorio (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	56114,9620
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	29,7933
Número de paneles necesarios:	78
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	39
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	27467,3598
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	354,7213

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.10. Cálculo de Paneles de la Zona del Auditorio (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	56114,9620
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	17,8628
Número de paneles necesarios:	131
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	65
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	26178,6962
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	354,7213

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.11. Cálculo de Paneles de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	272909,6990
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	29,7933
Número de paneles necesarios:	382
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	191
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	133584,8523
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1725,1530

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.12. Cálculo de Paneles de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	272909,6990
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	17,8628
Número de paneles necesarios:	637
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	318
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	127317,5609
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1725,1530

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.13. Cálculo de Paneles de la Zona del Taller Artesanal (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	427302,2838
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	29,7933
Número de paneles necesarios:	598
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	299
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	209157,5078
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	2701,1198

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.14. Cálculo de Paneles de la Zona del Taller Artesanal (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	427302,2838
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	17,8628
Número de paneles necesarios:	997
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	498
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	199344,6358
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	2701,1198

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.15. Cálculo de Paneles de la Zona del Comunitario (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	268139,5130
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	29,7933
Número de paneles necesarios:	375
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	187
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	131249,9240
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1694,9990

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.16. Cálculo de Paneles de la Zona del Comunitario (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	268139,5130
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	17,8628
Número de paneles necesarios:	625
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	313
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	125092,1785
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1694,9990

Elaborado por: Juan García.

Anexo 10: Tablas de cálculo de la cantidad de paneles necesarios a una inclinación de 20° para un Sistema Aislado a la Red.

Tabla A.17. Cálculo de Paneles de la Zona del Auditorio (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	56114,9620
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	26,3664
Número de paneles necesarios:	89
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	44
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	31037,3382
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	400,8251

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.18. Cálculo de Paneles de la Zona del Auditorio (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	56114,9620
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	15,8082
Número de paneles necesarios:	148
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	74
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	29581,1848
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	400,8251

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.19. Cálculo de Paneles de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	272909,6990
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	26,3664
Número de paneles necesarios:	431
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	216
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	150947,0974
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1949,3739

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.20. Cálculo de Paneles de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	272909,6990
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	15,8082
Número de paneles necesarios:	719
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	360
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	143865,2357
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1949,3739

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.21. Cálculo de Paneles de la Zona del Taller Artesanal (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	427302,2838
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	26,3664
Número de paneles necesarios:	675
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	338
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	236342,0563
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	3052,1888

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.22. Cálculo de Paneles de la Zona del Taller Artesanal (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	427302,2838
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	15,8082
Número de paneles necesarios:	1126
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	563
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	225253,7891
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	3052,1888

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.23. Cálculo de Paneles de la Zona del Comunitario (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	268139,5130
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	26,3664
Número de paneles necesarios:	424
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	212
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	148308,6945
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1915,3009

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.24. Cálculo de Paneles de la Zona del Comunitario (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día) considerando el rendimiento global:	268139,5130
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Tensión del sistema [V]:	48
(Amperios hora/panel/día):	15,8082
Número de paneles necesarios:	707
Número de paneles en serie:	2
Número de cadenas en paralelo:	353
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	141350,6166
Intensidad de corriente del campo fotovoltaico [A]:	1915,3009

Elaborado por: Juan García.

Anexo 11: Tablas de cálculo de la sección de cables a una inclinación de 0° para un Sistema Aislado a la Red.

Tabla A.25. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona del Auditorio (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	354,6089
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm^2]:	221,6306
Sección comercial [mm^2]:	500 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.26. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona del Auditorio (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	354,6089
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm ²]:	44,3261
Sección comercial [mm ²]:	1/0
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.27. Cálculo de la sección del cable de las Baterías – Inversor de la Zona del Auditorio generalizada

Baterías - Inversor:	
Intensidad [A]:	391,375
Longitud de la zona considerada [m]:	2
Sección teórica [mm ²]:	19,5688
Sección comercial [mm ²]:	500 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44
Potencia mínima del inversor [W]	18786

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.28. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona de Talleres (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	2700,2636
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm ²]:	1687,6647
Sección comercial [mm ²]:	2 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.29. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona de Talleres (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	2700,2636
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm ²]:	337,5329
Sección comercial [mm ²]:	750 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.30. Cálculo de la sección del cable de las Baterías – Inversor de la Zona Talleres generalizada

Baterías - Inversor:	
Intensidad [A]:	1688,2625
Longitud de la zona considerada [m]:	2
Sección teórica [mm ²]:	84,4131
Sección comercial [mm ²]:	3/0
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44
Potencia mínima del inversor [W]	81036,6

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.31. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	1724,6061
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm ²]:	1077,8788
Sección comercial [mm ²]:	4 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.32. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	1724,6061
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm ²]:	215,5758
Sección comercial [mm ²]:	350 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.33. Cálculo de la sección del cable de las Baterías – Inversor de la Zona del Administrativo - Aulas

Baterías - Inversor:	
Intensidad [A]:	686,875
Longitud de la zona considerada [m]:	2
Sección teórica [mm ²]:	34,3475
Sección comercial [mm ²]:	1/0
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44
Potencia mínima del inversor [W]	32970

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.34. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona del Comunitario (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	1694,5070
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm^2]:	1059,0669
Sección comercial [mm^2]:	4 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.35. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona del Comunitario (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	1694,5070
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm^2]:	211,8134
Sección comercial [mm^2]:	250 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.36. Cálculo de la sección del cable de las Baterías – Inversor de la Zona del Comunitario

Baterías - Inversor:	
Intensidad [A]:	641,4125
Longitud de la zona considerada [m]:	2
Sección teórica [mm^2]:	32,0706
Sección comercial [mm^2]:	2 AWG
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44
Potencia mínima del inversor [W]	30787,8

Elaborado por: Juan García.

Anexo 12: Tablas de cálculo de la sección de cables a una inclinación de 11° para un Sistema Aislado a la Red.

Tabla A.37. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona del Auditorio (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	354,7213
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm^2]:	221,7008
Sección comercial [mm^2]:	500 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.38. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona del Auditorio (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	354,7213
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm ²]:	44,3401
Sección comercial [mm ²]:	1/0
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.39. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona de Talleres (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	2701,1198
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm ²]:	1688,1999
Sección comercial [mm ²]:	2 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.40. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona de Talleres (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	2701,1198
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm ²]:	337,6399
Sección comercial [mm ²]:	750 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.41. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	1725,1529
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm ²]:	1078,2205
Sección comercial [mm ²]:	4 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.42. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	1725,1529
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm ²]:	215,6441
Sección comercial [mm ²]:	500 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.43. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona del Comunitario (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	1694,9990
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm ²]:	1059,3744
Sección comercial [mm ²]:	4 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.44. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona del Comunitario (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	1694,9990
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm ²]:	211,8748
Sección comercial [mm ²]:	500 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Anexo 13: Tablas de cálculo de la sección de cables a una inclinación de 20° para un Sistema Aislado a la Red.

Tabla A.45. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona del Auditorio (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	400,8250
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm ²]:	250,5157
Sección comercial [mm ²]:	500 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.46. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona del Auditorio (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	400,8250
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm ²]:	50,1031
Sección comercial [mm ²]:	1/0
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.47. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona de Talleres (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	3052,1888
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm ²]:	1907,6180
Sección comercial [mm ²]:	2 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.48. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona de Talleres (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	3052,1888
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm ²]:	381,5236
Sección comercial [mm ²]:	8 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.49. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	1949,3739
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm ²]:	1218,3587
Sección comercial [mm ²]:	4 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.50. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona del Administrativo - Aulas (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	1949,3739
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm^2]:	243,6717
Sección comercial [mm^2]:	500 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.51. Cálculo de la sección del cable Panel – Regulador de la Zona del Comunitario (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Paneles - Regulador:	
Intensidad [A]:	1915,3009
Longitud de la zona considerada [m]:	25
Sección teórica [mm^2]:	1197,0630
Sección comercial [mm^2]:	4 AWG (entre 60 circuitos)
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.52. Cálculo de la sección del cable del Regulador – Baterías de la Zona del Comunitario (Caso 1) y (Caso 2), Paneles de 350 [W] y Paneles de 200 [W]

Regulador - Baterías:	
Intensidad [A]:	1915,3009
Longitud de la zona considerada [m]:	5
Sección teórica [mm^2]:	239,4126
Sección comercial [mm^2]:	500 MCM
Tensión del Sistema [V]	48
Caída de tensión admisible del 3% [V]	1,44

Elaborado por: Juan García.

Anexo 14: Tablas de cálculo de la separación entre paneles monocristalinos 350 Wp/24V

Tabla A.53. Cálculo de la separación entre paneles a 0 ° de un panel monocristalino 350Wp / 24V

Separación de paneles a 0 [°]	
Longitud [m]	1,998
Ángulo de inclinación del panel (α) [°]	0
Ángulo de la sombra respecto a la horizontal (θ) [°]	90
Altura del panel con respecto a la horizontal (h) [m]	0,0000
Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro (l_1) [m]	0,0000
Distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal (l_2) [m]	1,9980
Distancia mínima (d_{min}) [m]	1,9980
Distancia entre paneles (d_{si}) [m]	0,0000

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.54. Cálculo de la separación entre paneles a 11 ° de un panel monocristalino

350Wp / 24V

Separación de paneles a 11 [°]	
Longitud [m]	1,998
Ángulo de inclinación del panel (α) [°]	11
Ángulo de la sombra respecto a la horizontal (θ) [°]	79
Altura del panel con respecto a la horizontal (h) [m]	0,3812
Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro (l_1) [m]	0,0741
Distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal (l_2) [m]	1,9613
Distancia mínima (d_{min}) [m]	2,0354
Distancia entre paneles (d_{si}) [m]	0,0374

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.55. Cálculo de la separación entre paneles a 20 ° de un panel monocristalino

350Wp / 24V

Separación de paneles a 11 [°]	
Longitud [m]	1,998
Ángulo de inclinación del panel (α) [°]	20
Ángulo de la sombra respecto a la horizontal (θ) [°]	70
Altura del panel con respecto a la horizontal (h) [m]	0,4515
Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro (l_1) [m]	0,2487
Distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal (l_2) [m]	1,8775
Distancia mínima (d_{min}) [m]	2,1262
Distancia entre paneles (d_{si}) [m]	0,1282

Elaborado por: Juan García.

Anexo 15: Tablas de cálculo de la separación entre paneles policristalinos 200 Wp/24V**Tabla A.56.** Cálculo de la separación entre paneles a 0 ° de un panel policristalino

200Wp / 24V

Separación de paneles a 0 [°]	
Longitud [m]	1,32
Ángulo de inclinación del panel (α) [°]	0
Ángulo de la sombra respecto a la horizontal (θ) [°]	90
Altura del panel con respecto a la horizontal (h) [m]	0,0000
Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro (l_1) [m]	0,0000
Distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal (l_2) [m]	1,3200
Distancia mínima (d_{min}) [m]	1,3200
Distancia entre paneles (d_{si}) [m]	0,0000

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.57. Cálculo de la separación entre paneles a 11 ° de un panel policristalino

200Wp / 24V

Separación de paneles a 11 [°]	
Longitud [m]	1,32
Ángulo de inclinación del panel (α) [°]	11
Ángulo de la sombra respecto a la horizontal (θ) [°]	79
Altura del panel con respecto a la horizontal (h) [m]	0,2518
Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro (l_1) [m]	0,0489
Distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal (l_2) [m]	1,2957
Distancia mínima (d_{min}) [m]	1,3446
Distancia entre paneles (d_{si}) [m]	0,0246

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.58. Cálculo de la separación entre paneles a 20 ° de un panel policristalino

200Wp / 24V

Separación de paneles a 20 [°]	
Longitud [m]	1,32
Ángulo de inclinación del panel (α) [°]	20
Ángulo de la sombra respecto a la horizontal (θ) [°]	70
Altura del panel con respecto a la horizontal (h) [m]	0,4515
Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro (l_1) [m]	0,1643
Distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal (l_2) [m]	1,2404
Distancia mínima (d_{min}) [m]	1,4047
Distancia entre paneles (d_{si}) [m]	0,0847

Elaborado por: Juan García

Anexo 16: Tablas de cálculo de la separación entre paneles policristalinos 275 Wp/30V**Tabla A.59.** Cálculo de la separación entre paneles a 0 ° de un panel policristalino

275Wp / 30V

Separación de paneles a 0 [°]	
Longitud [m]	1,640
Ángulo de inclinación del panel (α) [°]	0
Ángulo de la sombra respecto a la horizontal (θ) [°]	90
Altura del panel con respecto a la horizontal (h) [m]	0,0000
Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro (l_1) [m]	0,0000
Distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal (l_2) [m]	1,6400
Distancia mínima (d_{min}) [m]	1,6400
Distancia entre paneles (d_{si}) [m]	0,0000

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.60. Cálculo de la separación entre paneles a 11 ° de un panel policristalino
275Wp / 30V

Separación de paneles a 11 [°]	
Longitud [m]	1,640
Ángulo de inclinación del panel (α) [°]	11
Ángulo de la sombra respecto a la horizontal (θ) [°]	79
Altura del panel con respecto a la horizontal (h) [m]	0,3129
Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro (l_1) [m]	0,0608
Distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal (l_2) [m]	1,6098
Distancia mínima (d_{min}) [m]	1,6706
Distancia entre paneles (d_{si}) [m]	0,0306

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.61. Cálculo de la separación entre paneles a 20 ° de un panel policristalino
275Wp / 30V

Separación de paneles a 20 [°]	
Longitud [m]	1,640
Ángulo de inclinación del panel (α) [°]	20
Ángulo de la sombra respecto a la horizontal (θ) [°]	70
Altura del panel con respecto a la horizontal (h) [m]	0,5609
Distancia de la arista inferior de un panel a la arista inferior del otro (l_1) [m]	0,2042
Distancia entre la arista inferior del panel a la arista superior del mismo respecto a la horizontal (l_2) [m]	1,5411
Distancia mínima (d_{min}) [m]	1,7453
Distancia entre paneles (d_{si}) [m]	0,1053

Elaborado por: Juan García

Anexo 17: Tablas de cálculo de la cantidad de paneles necesarios a una inclinación de 0° para un Sistema Conectado a la Red.

Tabla A.62. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Auditorio (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	35562,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	31
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	6
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	10789,10117
Potencia mínima del inversor [W]:	18786
Potencia del inversor seleccionado [W]:	20000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 30-300 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	50
Tensión de los módulos en serie [V]:	194
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	50
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.63. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Auditorio (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	35562,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	39
Número de paneles en serie:	7
Número de cadenas en paralelo:	6
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	10781,08647
Potencia mínima del inversor [W]:	18786
Potencia del inversor seleccionado [W]:	20000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 30-300 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	50
Tensión de los módulos en serie [V]:	222
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	50
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.64. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	170000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	147
Número de paneles en serie:	18
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	51574,79871
Potencia mínima del inversor [W]:	32970
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	697
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.65. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 2)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	170000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	187
Número de paneles en serie:	20
Número de cadenas en paralelo:	9
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	51536,48631
Potencia mínima del inversor [W]:	32970
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	634
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.66. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Taller Artesanal (Caso 1)

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	266173,7143
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	231
Número de paneles en serie:	15
Número de cadenas en paralelo:	16
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	80752,09257
Potencia mínima del inversor [W]:	81036,6
Potencia del inversor seleccionado [W]:	100000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 450-800 [V]:	625
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	144
Tensión de los módulos en serie [V]:	581
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	144
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.67. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Taller Artesanal (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	266173,7143
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	293
Número de paneles en serie:	20
Número de cadenas en paralelo:	15
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	80692,10577
Potencia mínima del inversor [W]:	81036,6
Potencia del inversor seleccionado [W]:	100000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 450-800 [V]:	625
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	144
Tensión de los módulos en serie [V]:	634
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	130
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.68. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Comunitario (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	167028,5714
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	145
Número de paneles en serie:	18
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	50672,76559
Potencia mínima del inversor [W]:	30787,8
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	696,78
Corriente de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.69. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Comunitario (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	167028,5714
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	184
Número de paneles en serie:	21
Número de cadenas en paralelo:	9
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	50635,12326
Potencia mínima del inversor [W]:	30787,8
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	665,7
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesario:	1

Elaborado por: Juan García.

Anexo 18: Tablas de cálculo de la cantidad de paneles necesarios a una inclinación de 11° para un Sistema Conectado a la Red.

Tabla A.70. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Auditorio (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	35562,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	31
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	6
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	10792,52243
Potencia mínima del inversor [W]:	18786
Potencia del inversor seleccionado [W]:	20000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 30-300 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	50
Tensión de los módulos en serie [V]:	194
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	50
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.71. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Auditorio (Caso 2)

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	35562,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	39
Número de paneles en serie:	7
Número de cadenas en paralelo:	6
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	10784,50519
Potencia mínima del inversor [W]:	18786
Potencia del inversor seleccionado [W]:	20000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 30-300 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	50
Tensión de los módulos en serie [V]:	222
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	50
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.72. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 1)

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	170000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	147
Número de paneles en serie:	18
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	51574,79871
Potencia mínima del inversor [W]:	32970
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	697
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.73. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	170000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	187
Número de paneles en serie:	21
Número de cadenas en paralelo:	9
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	51536,48631
Potencia mínima del inversor [W]:	32970
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	666
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.74. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Taller Artesanal (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	266173,7143
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	231
Número de paneles en serie:	15
Número de cadenas en paralelo:	16
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	80778,15611
Potencia mínima del inversor [W]:	81036,6
Potencia del inversor seleccionado [W]:	100000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 450-800 [V]:	625
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	144
Tensión de los módulos en serie [V]:	581
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	144
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.75. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Taller Artesanal (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	266173,7143
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	294
Número de paneles en serie:	20
Número de cadenas en paralelo:	15
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	80718,14995
Potencia mínima del inversor [W]:	81036,6
Potencia del inversor seleccionado [W]:	100000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 450-800 [V]:	625
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	144
Tensión de los módulos en serie [V]:	634
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	130
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.76. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Comunitario (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	167028,5714
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	145
Número de paneles en serie:	18
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	50689,67855
Potencia mínima del inversor [W]:	30787,8
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	696,78
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.77. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Comunitario (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	167028,5714
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	184
Número de paneles en serie:	21
Número de cadenas en paralelo:	9
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	50652,02366
Potencia mínima del inversor [W]:	30787,8
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	665,7
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Anexo 19: Tablas de cálculo de la cantidad de paneles necesarios a una inclinación de 20° para un Sistema Conectado a la Red.

Tabla A.78. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Auditorio (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	35562,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	35
Número de paneles en serie:	6
Número de cadenas en paralelo:	6
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	12195,40469
Potencia mínima del inversor [W]:	18786
Potencia del inversor seleccionado [W]:	20000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 30-300 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	50
Tensión de los módulos en serie [V]:	232,26
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	50
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.79. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Auditorio (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	35562,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	44
Número de paneles en serie:	7
Número de cadenas en paralelo:	6
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	12186,34531
Potencia mínima del inversor [W]:	18786
Potencia del inversor seleccionado [W]:	20000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 30-300 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	50
Tensión de los módulos en serie [V]:	222
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	50
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.80. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	170000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	167
Número de paneles en serie:	20
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	58297,30689
Potencia mínima del inversor [W]:	32970
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	774,2
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.81. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	170000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	212
Número de paneles en serie:	23
Número de cadenas en paralelo:	9
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	58254,00066
Potencia mínima del inversor [W]:	32970
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	729,1
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.82. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Taller Artesanal (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	266173,7143
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	261
Número de paneles en serie:	17
Número de cadenas en paralelo:	16
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	91277,71004
Potencia mínima del inversor [W]:	81036,6
Potencia del inversor seleccionado [W]:	100000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 450-800 [V]:	625
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	144
Tensión de los módulos en serie [V]:	658
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	144
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.83. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Taller Artesanal (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	266173,7143
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	332
Número de paneles en serie:	22
Número de cadenas en paralelo:	15
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	91209,90427
Potencia mínima del inversor [W]:	81036,6
Potencia del inversor seleccionado [W]:	100000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 450-800 [V]:	625
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	144
Tensión de los módulos en serie [V]:	697
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	130
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.84. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Comunitario (Caso 1)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	167028,5714
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	164
Número de paneles en serie:	20
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	57278,32874
Potencia mínima del inversor [W]:	30787,8
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	774,2
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.85. Cálculo de paneles para un sistema conectado a la red de la zona del Comunitario (Caso 2)

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	167028,5714
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	208
Número de paneles en serie:	23
Número de cadenas en paralelo:	9
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	57235,77946
Potencia mínima del inversor [W]:	30787,8
Potencia del inversor seleccionado [W]:	35000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 350-800 [V]:	575
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	75
Tensión de los módulos en serie [V]:	729,1
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	75
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Anexo 20: Tablas de cálculo de la cantidad de paneles necesarios a una inclinación de 0°, 11°, 20° para un Sistema Conectado a la Red (Luminarias Totales)

Tabla A.86. Luminarias Totales (Caso 1) con panel Monocristalino 350Wp/24V

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	65442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	57
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	11
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	19853,91201
Potencia mínima del inversor [W]:	10962
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	10000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	194
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	99
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.87. Luminarias Totales (Caso 2) con panel Policristalino 275Wp/30V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	65442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	72
Número de paneles en serie:	7
Número de cadenas en paralelo:	11
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	19839,1635
Potencia mínima del inversor [W]:	10962
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	10000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	222
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	95
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.88. Luminarias Totales (Caso 1) con panel Monocristalino 350Wp/24V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	65442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	57
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	11
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	19860,53861
Potencia mínima del inversor [W]:	10962
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	10000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	194
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	99
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.89. Luminarias Totales (Caso 2) con panel Policristalino 275Wp/30V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	65442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	72
Número de paneles en serie:	7
Número de cadenas en paralelo:	11
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	19845,78519
Potencia mínima del inversor [W]:	10962
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	100000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	222
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	95
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.90. Luminarias Totales (Caso 1) con panel Monocristalino 350Wp/24V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	65442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	64
Número de paneles en serie:	6
Número de cadenas en paralelo:	11
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	22442,01368
Potencia mínima del inversor [W]:	10962
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	10000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	232
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	99
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.91. Luminarias Totales (Caso 2) con panel Policristalino 275Wp/30V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	65442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	82
Número de paneles en serie:	7
Número de cadenas en paralelo:	12
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	22425,34261
Potencia mínima del inversor [W]:	10962
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	100000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	222
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	104
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Anexo 21: Tablas de cálculo de la cantidad de paneles necesarios a una inclinación de 0°, 11°, 20° para un Sistema Conectado a la Red (Luminarias Auditorio - Comunitario)

Tabla A.92. Luminarias Totales (Caso 1) con panel Monocristalino 350Wp/24V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	23442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	20
Número de paneles en serie:	4
Número de cadenas en paralelo:	5
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	7112,043136
Potencia mínima del inversor [W]:	4806
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	155
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	45
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.93. Luminarias Totales (Caso 2) con panel Policristalino 275Wp/30V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	23442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	26
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	5
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	7106,759946
Potencia mínima del inversor [W]:	4806
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	159
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	43
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.94. Luminarias Totales (Caso 1) con panel Monocristalino 350Wp/24V

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	23442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	20
Número de paneles en serie:	4
Número de cadenas en paralelo:	5
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	7114,416911
Potencia mínima del inversor [W]:	4806
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	155
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	45
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.95. Luminarias Totales (Caso 2) con panel Policristalino 275Wp/30V

Variabes a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	23442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	26
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	5
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	7109,131956
Potencia mínima del inversor [W]:	4806
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	159
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	43
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.96. Luminarias Totales (Caso 1) con panel Monocristalino 350Wp/24V

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	23442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	23
Número de paneles en serie:	4
Número de cadenas en paralelo:	6
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	4806
Potencia mínima del inversor [W]:	7109,131956
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	155
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	54
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.97. Luminarias Totales (Caso 2) con panel Policristalino 275Wp/30V

VARIABLES A CALCULAR:	VALOR OBTENIDO
Energía (Wh/día):	23442,8571
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	29
Número de paneles en serie:	4
Número de cadenas en paralelo:	7
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	4806
Potencia mínima del inversor [W]:	7109,131956
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	127
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	61
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Anexo 22: Tablas de cálculo de la cantidad de paneles necesarios a una inclinación de 0°, 11°, 20° para un Sistema Conectado a la Red (Luminarias Taller Artesanal – Administrativo Aulas)

Tabla A.98. Luminarias Totales (Caso 1) con panel Monocristalino 350Wp/24V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	42000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	36
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	12741,86887
Potencia mínima del inversor [W]:	6156
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	194
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	72
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.99. Luminarias Totales (Caso 2) con panel Policristalino 275Wp/30V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	42000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2968
Número de paneles necesarios:	46
Número de paneles en serie:	6
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	12732,40356
Potencia mínima del inversor [W]:	6156
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	190
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	69
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.100. Luminarias Totales (Caso 1) con panel Monocristalino 350Wp/24V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	42000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	36
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	12746,1217
Potencia mínima del inversor [W]:	6156
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	194
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	72
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.101. Luminarias Totales (Caso 2) con panel Policristalino 275Wp/30V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	42000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	3,2957
Número de paneles necesarios:	46
Número de paneles en serie:	6
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	12736,65323
Potencia mínima del inversor [W]:	6156
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	190
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	69
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.102. Luminarias Totales (Caso 1) con panel Monocristalino 350Wp/24V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	42000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	41
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	8
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	14402,86405
Potencia mínima del inversor [W]:	6156
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	194
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	72
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.103. Luminarias Totales (Caso 2) con panel Policristalino 275Wp/30V

Variables a calcular:	Valor Obtenido
Energía (Wh/día):	42000,0000
HSP (Mes desfavorable) (horas):	2,9166
Número de paneles necesarios:	52
Número de paneles en serie:	5
Número de cadenas en paralelo:	10
Potencia del campo fotovoltaico [W]:	14392,16487
Potencia mínima del inversor [W]:	6156
Potencia del inversor seleccionado 5 - 15 kW [W]:	5000
Rango de operación fotovoltaico del inversor VDC 100-230 [V]:	165
Intensidad de salida máxima en continua [A]:	100
Tensión de los módulos en serie [V]:	159
Intensidad de los módulos en paralelo [V]:	87
Número de inversores necesarios:	1

Elaborado por: Juan García.

Anexo 23: Tablas de la comparativa de Resultados para un Sistema Aislado y Conectado a la Red (Revit / Estudio de Carga)

Tabla A.104. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos – Auditorio con paneles monocristalinos
350Wp/24V

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos - Auditorio	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	28
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	9359,1575
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	9534,3300
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	9880,1289
DMU de la zona del Auditorio	9775
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	78
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	78
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	89

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.105. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos – Auditorio con paneles policristalinos
200Wp/24V

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos - Auditorio	
Longitud [m]	1,32
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,035
Largo real a 0° [m]	1,320
Largo real a 11° [m]	1,296
Largo real a 20° [m]	1,240
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,3094
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,2854
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,230
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	40
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	41
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	43
Potencia del Panel Policristalino [W]	200
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	8095,0635
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	8246,5763
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	8545,6699
DMU de la zona del Auditorio	9775
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	131
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	131
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	148

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.106. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Talleres con paneles monocristalinos

350Wp/24V

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Talleres	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Talleres) [m ²]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	37
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	38
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	39
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	13067,5030
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	13312,0835
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	13794,8971
DMU de la zona del Taller Artesanal	59614,7
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	597
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	598
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	675

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.107. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Talleres con paneles policristalinos 200Wp/24V

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Talleres	
Longitud [m]	1,32
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,035
Largo real a 0° [m]	1,320
Largo real a 11° [m]	1,296
Largo real a 20° [m]	1,240
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m^2]	1,3094
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m^2]	1,2854
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m^2]	1,230
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m^2]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	57
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	58
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	60
Potencia del Panel Policristalino [W]	200
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	11302,5415
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	11514,0878
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	11931,6902
DMU de la zona del Auditorio	59614,7
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	996
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	997
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	1126

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.108. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona del Administrativo – Aulas instalada sobre el área de Talleres con paneles monocristalinos 350Wp/24V

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona del Administrativo - Aulas	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m^2]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m^2]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m^2]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Talleres) [m^2]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	37
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	38
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	39
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	13067,5030
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	13312,0835
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	13794,8971
DMU de la zona del Administrativo - Aulas	14590
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	382
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	382
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	431

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.109. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona del Administrativo – Aulas instalada sobre el área de Talleres con paneles policristalinos 200Wp/24V

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona del Administrativo - Aulas	
Longitud [m]	1,32
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,035
Largo real a 0° [m]	1,320
Largo real a 11° [m]	1,296
Largo real a 20° [m]	1,240
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,3094
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,2854
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,230
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Talleres) [m ²]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	57
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	58
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	60
Potencia del Panel Monocristalino [W]	200
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	11302,5415
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	11514,0878
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	11931,6902
DMU de la zona del Administrativo - Aulas	14590
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	636
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	637
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	719

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.110. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona del Comunitario instalada sobre el área de Auditorio – Domos con paneles monocristalinos 350Wp/24V

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona del Comunitario	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	28
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	9359,1575
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	9534,3300
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	9880,1290
DMU de la zona del Comunitario	20205,2
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	375
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	375
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	424

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.111. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona del Comunitario instalada sobre el área de Auditorio – Domos con paneles policristalinos 200Wp/24V

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona del Comunitario	
Longitud [m]	1,32
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,035
Largo real a 0° [m]	1,320
Largo real a 11° [m]	1,296
Largo real a 20° [m]	1,240
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,3094
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,2854
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,230
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	40
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	41
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	43
Potencia del Panel Monocristalino [W]	200
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	8095,0635
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	8246,5764
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	8545,6700
DMU de la zona del Comunitario	20205,2
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	625
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	625
Número paneles necesarios a 200 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	707

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.112. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos – Auditorio con paneles monocristalinos 350Wp/24V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos - Auditorio	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	28
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	9359,1575
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	9534,3300
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	9880,1289
DMU de la zona del Auditorio	9775
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	31
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	31
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	35

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.113. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos – Auditorio con paneles policristalinos 275Wp/30V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos - Auditorio	
Longitud [m]	1,64
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,640
Largo real a 11° [m]	1,610
Largo real a 20° [m]	1,541
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,6269
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,5970
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,529
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	33
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	33
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	34
Potencia del Panel Policristalino [W]	275
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	8958,86605
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	9126,54641
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	9457,55551
DMU de la zona del Auditorio	9775
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	39
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	39
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	44

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.114. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos – Auditorio con paneles monocristalinos 350Wp/24V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Talleres	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Talleres) [m ²]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	37
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	38
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	39
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	13067,5030
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	13312,0835
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	13794,8971
DMU de la zona del Taller	59614,7
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	231
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	231
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	261

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.115. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos – Auditorio con paneles policristalinos 275Wp/30V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Talleres	
Longitud [m]	1,64
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,035
Largo real a 0° [m]	1,640
Largo real a 11° [m]	1,610
Largo real a 20° [m]	1,541
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,6269
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,5970
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,529
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Talleres) [m ²]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	45
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	46
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	48
Potencia del Panel Policristalino [W]	275
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	12508,6054
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	12742,7252
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	13204,8888
DMU de la zona del Taller	59614,7
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	293
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	294
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	332

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.116. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Administrativo – Aulas con paneles monocristalinos 350Wp/24V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Administrativo - Aulas	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Talleres) [m ²]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	37
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	38
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	39
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	13067,5030
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	13312,0835
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	13794,8971
DMU de la zona del Administrativo - Aulas	14590
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	147
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	147
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	167

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.117. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Administrativo – Aulas con paneles policristalinos 275Wp/30V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Administrativo - Aulas	
Longitud [m]	1,64
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,035
Largo real a 0° [m]	1,640
Largo real a 11° [m]	1,610
Largo real a 20° [m]	1,541
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,6269
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,5970
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,529
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Talleres) [m ²]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	45
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	46
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	48
Potencia del Panel Policristalino [W]	275
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	12508,6054
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	12742,7252
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	13204,8888
DMU de la zona del Administrativo - Aulas	14590
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	187
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	187
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	212

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.118. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Comunitario - Domos con paneles monocristalinos 350Wp/24V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Comunitario - Domos	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	28
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	9359,1575
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	9534,3300
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	9880,1290
DMU de la zona del Comunitario	20205,2
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	145
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	145
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	164

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.119. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Comunitario - Domos con paneles policristalinos 275Wp/30V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Comunitario - Domos	
Longitud [m]	1,32
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,035
Largo real a 0° [m]	1,320
Largo real a 11° [m]	1,296
Largo real a 20° [m]	1,240
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,3094
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,2854
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,230
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos) [m ²]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	40
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	41
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	43
Potencia del Panel Policristalino [W]	275
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	11130,7124
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	11339,0425
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	11750,2962
DMU de la zona del Comunitario	20205,2
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	184
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	184
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	208

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.120. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de para la zona de Talleres – Domos, considerando toda la carga lumínica con paneles monocristalinos 350Wp/24V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la Simulación en Revit para la Carga Lumínica Total:	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos y Talleres) [m ²]	129
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	65
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	66
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	69
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	22779,8363
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	23206,1995
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	24047,8611
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	57
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	57
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	64

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.121. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Talleres – Domos, considerando toda la carga lumínica con paneles monocristalinos 275Wp/30V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la Simulación en Revit para la Carga Lumínica Total:	
Longitud [m]	1,64
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,640
Largo real a 11° [m]	1,610
Largo real a 20° [m]	1,541
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m^2]	1,6269
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m^2]	1,5970
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m^2]	1,529
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos y Talleres) [m^2]	129
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	79
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	81
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	84
Potencia del Panel Policristalino [W]	275
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	21805,5419
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	22213,6696
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	23019,3332
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	72
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	72
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	82

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.122. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos, considerando la carga lumínica del Auditorio – Comunitario con paneles monocristalinos 350Wp/24V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la Simulación en Revit para la Carga Lumínica Auditorio - Comunitario:	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m^2]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m^2]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m^2]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos y Talleres) [m^2]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	27
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	28
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	9359,1575
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	9534,3300
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	9880,1290
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	20
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	20
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	23

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.123. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Domos, considerando la carga lumínica del Auditorio – Comunitario, tomando en toda la carga lumínica con paneles monocristalinos 275Wp/30V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la Simulación en Revit para la Carga Lumínica Auditorio - Comunitario:	
Longitud [m]	1,64
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,640
Largo real a 11° [m]	1,610
Largo real a 20° [m]	1,541
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m^2]	1,6269
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m^2]	1,5970
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m^2]	1,529
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos y Talleres) [m^2]	53
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	33
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	33
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	34
Potencia del Panel Policristalino [W]	275
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	8958,8661
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	9126,5464
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	9457,5555
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	26
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	26
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	29

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.124. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Talleres, considerando la carga lumínica del Taller Artesanal – Administrativo Aulas con paneles monocristalinos 350Wp/24V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la Simulación en Revit para la Carga Lumínica Taller Artesanal - Administrativo Aulas:	
Longitud [m]	1,998
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,998
Largo real a 11° [m]	1,961
Largo real a 20° [m]	1,878
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m^2]	1,9820
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m^2]	1,9456
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m^2]	1,862
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos y Talleres) [m^2]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	37
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	38
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	39
Potencia del Panel Monocristalino [W]	350
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	13067,5030
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	13312,0835
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	13794,8971
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	36
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	36
Número paneles necesarios a 350 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	41

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.125. Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la simulación en Revit para la zona de Talleres, considerando la carga lumínica del Taller Artesanal – Administrativo Aulas con paneles monocristalinos 275Wp/30V para un sistema conectado a la red

Comparativa de Resultados mediante el Estudio de Consumo y la Simulación en Revit para la Carga Lumínica Taller Artesanal - Administrativo Aulas:	
Longitud [m]	1,64
Ancho [m]	0,992
Profundidad [m]	0,04
Largo real a 0° [m]	1,640
Largo real a 11° [m]	1,610
Largo real a 20° [m]	1,541
Área del Panel con ángulo de inclinación de 0° [m ²]	1,6269
Área del Panel con ángulo de inclinación de 11° [m ²]	1,5970
Área del Panel con ángulo de inclinación de 20° [m ²]	1,529
Área Considerada por Revit para la instalación fotovoltaica (Domos y Talleres) [m ²]	74
Número de paneles posibles a 0° por la simulación de Revit	45
Número de paneles posibles a 11° por la simulación de Revit	46
Número de paneles posibles a 20° por la simulación de Revit	48
Potencia del Panel Policristalino [W]	275
Predicción de Potencia con Paneles a 0° mediante análisis de Revit [W]	12508,6054
Predicción de Potencia con Paneles a 11° mediante análisis de Revit [W]	12742,7252
Predicción de Potencia con Paneles a 20° mediante análisis de Revit [W]	13204,8888
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 0°	46
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 11° (óptimo)	46
Número paneles necesarios a 275 W mediante el estudio de cargas con panel a 20°	52

Elaborado por: Juan García.

Anexo 24: Tablas de cálculo de costos de un Sistema Aislado a la Red, con paneles a inclinación de 0°.

Tabla A.126. Cálculo de costos de la Zona del Taller Artesanal (Caso 1) con Potencia de 208,950 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	597	330	197010
Estructura (ajustable) para 5 paneles	120	390	46800
Regulador de 440 [A]	7	389,99	2729,93
Batería 150Ah / 12VDC	1980	420	831600
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Cable Panel - Reguladores 2 AWG	1500 [m]	0,66	990
Cable Regulador Baterías 350 AWG	5 [m]	8,26	41,3
Cable Baterías Inversor 3/0 AWG	2 [m]	2,31	4,62
Costo Total de la Instalación:			1095375,85

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.127. Cálculo de Costos de la Zona del Taller Artesanal (Caso 2) con Potencia de 199,200 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 24V	996	200	199200
Estructura (ajustable) para 5 paneles	199	390	77610
Regulador de 440 [A]	7	389,99	2729,93
Batería 55Ah / 12VDC	5396	190	1025240
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Cable Panel - Reguladores 8 AWG	1500 [m]	0,66	990
Cable Regulador Baterías 350 AWG	5 [m]	8,27	41,35
Cable Baterías Inversor 3/0 AWG	2 [m]	2,31	4,62
Costo Total de la Instalación:			1322015,9

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.128. Cálculo de costos de la Zona del Auditorio (Caso 1) con Potencia de 27,300 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	78	330	25740
Estructura (ajustable) para 5 paneles	16	390	6240
Regulador de 440 [A]	1	389,99	389,99
Batería 150Ah / 12VDC	156	420	65520
Inversor 20kW	1	3000	3000
Cable Panel - Reguladores 250 AWG	25 [m]	6,18	154,5
Cable Regulador Baterías 2 AWG	5 [m]	1,88	9,4
Cable Baterías Inversor 4 AWG	2 [m]	1,28	2,56
Costo Total de la Instalación:			101056,45

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.129. Cálculo de Costos de la Zona del Auditorio (Caso 2) con Potencia de 26,200 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 24V	131	200	26200
Estructura (ajustable) para 5 paneles	26	390	10140
Regulador de 440 [A]	1	389,99	389,99
Batería 55Ah / 12VDC	428	190	81320
Inversor 20kW	1	3000	3000
Cable Panel - Reguladores 2/0 AWG	25 [m]	6,18	154,5
Cable Regulador Baterías 6 AWG	5 [m]	1,88	9,4
Cable Baterías Inversor 4 AWG	2 [m]	1,28	2,56
Costo Total de la Instalación:			121216,45

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.130. Cálculo de costos de la Zona del Administrativo – Aulas (Caso 1) con Potencia de 133,700 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	382	330	126060
Estructura (ajustable) para 5 paneles	76	390	29640
Regulador de 440 [A]	4	389,99	1559,96
Batería 150Ah / 12VDC	1264	420	530880
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 2 AWG	5 [m]	0,66	3,3
Cable Baterías Inversor 500 MCM	2 [m]	6,18	12,36
Costo Total de la Instalación:			695075,62

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.131. Cálculo de Costos de la Zona del Administrativo – Aulas (Caso 2) con Potencia de 127,200 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 12V	636	200	127200
Estructura (ajustable) para 5 paneles	127	390	49530
Regulador de 440 [A]	4	389,99	389,99
Batería 55Ah / 12VDC	3440	190	653600
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 2 AWG	5 [m]	0,66	3,3
Cable Baterías Inversor 500 MCM	2 [m]	6,18	12,36
Costo Total de la Instalación:			837731,07

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.132. Cálculo de costos de la Zona del Comunitario (Caso 1) con Potencia de 131,250 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	375	330	123750
Estructura (ajustable) para 5 paneles	75	390	29250
Regulador de 440 [A]	4	389,99	1559,96
Batería 150Ah / 12VDC	1244	420	522480
Inversor 35 kW	1	1200	1200
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 500 MCM	5 [m]	6,18	30,9
Cable Baterías Inversor 2 AWG	2 [m]	0,66	1,32
Costo Total de la Instalación:			680192,18

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.133. Cálculo de Costos de la Zona del Comunitario (Caso 2) con Potencia de 125 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 24V	625	200	125000
Estructura (ajustable) para 5 paneles	125	390	48750
Regulador de 440 [A]	1	389,99	1559,96
Batería 55Ah / 12VDC	3388	190	643720
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 500 MCM	5 [m]	6,18	30,9
Cable Baterías Inversor 2 AWG	2 [m]	0,66	1,32
Costo Total de la Instalación:			825982,18

Elaborado por: Juan García.

Anexo 25: Tablas de cálculo de costos de un Sistema Aislado a la Red, con paneles a inclinación de 11°.

Tabla A.134. Cálculo de costos de la Zona del Taller Artesanal (Caso 1) con Potencia de 209,300 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	598	330	197340
Estructura (ajustable) para 5 paneles	120	390	46800
Regulador de 440 [A]	7	389,99	2729,93
Batería 150Ah / 12VDC	1980	420	831600
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Cable Panel - Reguladores 2 AWG	1500 [m]	0,66	990
Cable Regulador Baterías 350 AWG	5 [m]	8,26	41,3
Cable Baterías Inversor 3/0 AWG	2 [m]	2,31	4,62
Costo Total de la Instalación:			1095705,85

Elaborado por: Juan García

Tabla A.135. Cálculo de Costos de la Zona del Taller Artesanal (Caso 2) con Potencia de 199,200 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 24V	997	200	199400
Estructura (ajustable) para 5 paneles	199	390	77610
Regulador de 440 [A]	7	389,99	2729,93
Batería 55Ah / 12VDC	5396	190	1025240
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Cable Panel - Reguladores 8 AWG	1500 [m]	0,66	990
Cable Regulador Baterías 350 AWG	5 [m]	8,27	41,35
Cable Baterías Inversor 3/0 AWG	2 [m]	2,31	4,62
Costo Total de la Instalación:			1322215,9

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.136. Cálculo de costos de la Zona del Auditorio (Caso 1) con Potencia de 27,300 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	78	330	25740
Estructura (ajustable) para 5 paneles	16	390	6240
Regulador de 440 [A]	1	389,99	389,99
Batería 150Ah / 12VDC	156	420	65520
Inversor marca 20kW	1	3000	3000
Cable Panel - Reguladores 250 AWG	25 [m]	6,18	154,5
Cable Regulador Baterías 2 AWG	5 [m]	1,88	9,4
Cable Baterías Inversor 4 AWG	2 [m]	1,28	2,56
Costo Total de la Instalación:			101056,45

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.137. Cálculo de Costos de la Zona del Auditorio (Caso 2) con Potencia de 26,200 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 24V	131	200	26200
Estructura (ajustable) para 5 paneles	26	390	10140
Regulador de 440 [A]	1	389,99	389,99
Batería 55Ah / 12VDC	428	190	81320
Inversor marca 20kW	1	3000	3000
Cable Panel - Reguladores 2/0 AWG	25 [m]	6,18	154,5
Cable Regulador Baterías 6 AWG	5 [m]	1,88	9,4
Cable Baterías Inversor 4 AWG	2 [m]	1,28	2,56
Costo Total de la Instalación:			121216,45

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.138. Cálculo de costos de la Zona del Administrativo – Aulas (Caso 1) con Potencia de 133,700 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	382	330	1267060
Estructura (ajustable) para 5 paneles	76	390	29640
Regulador de 440 [A]	4	389,99	1559,96
Batería 150Ah / 12VDC	1264	420	530880
Inversor marca 35 kW	1	5000	5000
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 2 AWG	5 [m]	0,66	3,3
Cable Baterías Inversor 500 MCM	2 [m]	6,18	12,36
Costo Total de la Instalación:			695075,62

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.139. Cálculo de Costos de la Zona del Administrativo – Aulas (Caso 2) con Potencia de 127,400 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 12V	637	200	127400
Estructura (ajustable) para 5 paneles	127	390	49530
Regulador de 440 [A]	4	389,99	389,99
Batería 55Ah / 12VDC	3440	190	653600
Inversor marca 35 kW	1	5000	5000
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 2 AWG	5 [m]	0,66	3,3
Cable Baterías Inversor 500 MCM	2 [m]	6,18	12,36
Costo Total de la Instalación:			837855,65

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.140. Cálculo de costos de la Zona del Comunitario (Caso 1) con Potencia de 131,250 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	375	330	123750
Estructura (ajustable) para 5 paneles	75	390	29250
Regulador de 440 [A]	4	389,99	1559,96
Batería 150Ah / 12VDC	1244	420	522480
Inversor marca 35 kW	1	1200	1200
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 500 MCM	5 [m]	6,18	30,9
Cable Baterías Inversor 2 AWG	2 [m]	0,66	1,32
Costo Total de la Instalación:			680192,18

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.141. Cálculo de Costos de la Zona del Comunitario (Caso 2) con Potencia de 125 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 24V	625	200	125000
Estructura (ajustable) para 5 paneles	125	390	48750
Regulador de 440 [A]	4	389,99	1559,96
Batería 55Ah / 12VDC	3388	190	643720
Inversor marca 35 kW	1	5000	5000
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 500 MCM	5 [m]	6,18	30,9
Cable Baterías Inversor 2 AWG	2 [m]	0,66	1,32
Costo Total de la Instalación:			825982,18

Elaborado por: Juan García.

Anexo 26: Tablas de cálculo de costos de un Sistema Aislado a la Red, con paneles a inclinación de 20°.

Tabla A.142. Cálculo de costos de la Zona del Taller Artesanal (Caso 1) con Potencia de 236,250 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	675	330	222750
Estructura (ajustable) para 5 paneles	135	390	52650
Regulador de 440 [A]	8	389,99	3119,92
Batería 150Ah / 12VDC	1980	420	831600
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Cable Panel - Reguladores 2 AWG	1500 [m]	0,66	990
Cable Regulador Baterías 8 AWG	1500 [m]	0,37	555
Cable Baterías Inversor 3/0 AWG	2 [m]	2,31	4,62
Costo Total de la Instalación:			1127869,54

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.143. Cálculo de Costos de la Zona del Taller Artesanal (Caso 2) con Potencia de 225,200 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 24V	1126	200	225200
Estructura (ajustable) para 5 paneles	225	390	87750
Regulador de 440 [A]	8	389,99	3119,92
Batería 55Ah / 12VDC	5396	190	1025240
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Cable Panel - Reguladores 2 AWG	1500 [m]	0,66	990
Cable Regulador Baterías 8 AWG	1500 [m]	0,37	555
Cable Baterías Inversor 3/0 AWG	2 [m]	2,31	4,62
Costo Total de la Instalación:			1359059,54

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.144. Cálculo de costos de la Zona del Auditorio (Caso 1) con Potencia de 31,500 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	89	330	29370
Estructura (ajustable) para 5 paneles	18	390	7020
Regulador de 440 [A]	1	389,99	389,99
Batería 150Ah / 12VDC	156	420	65520
Inversor marca 20kW	1	3000	3000
Cable Panel - Reguladores 250 AWG	25 [m]	6,18	154,5
Cable Regulador Baterías 2 AWG	5 [m]	1,88	9,4
Cable Baterías Inversor 4 AWG	2 [m]	1,28	2,56
Costo Total de la Instalación:			105466,40

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.145. Cálculo de Costos de la Zona del Auditorio (Caso 2) con Potencia de 29,600 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 24V	148	200	29600
Estructura (ajustable) para 5 paneles	30	390	11700
Regulador de 440 [A]	1	389,99	389,99
Batería 55Ah / 12VDC	428	190	81320
Inversor marca 20kW	1	3000	3000
Cable Panel - Reguladores 2/0 AWG	25 [m]	6,18	154,5
Cable Regulador Baterías 6 AWG	5 [m]	1,88	9,4
Cable Baterías Inversor 4 AWG	2 [m]	1,28	2,56
Costo Total de la Instalación:			126176,45

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.146. Cálculo de costos de la Zona del Administrativo – Aulas (Caso 1) con Potencia de 133,700 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	431	330	142230
Estructura (ajustable) para 5 paneles	86	390	33540
Regulador de 440 [A]	5	389,99	1949,95
Batería 150Ah / 12VDC	1264	420	530880
Inversor marca 35 kW	1	5000	5000
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 500 MCM	5 [m]	6,18	30,9
Cable Baterías Inversor 1/0	2 [m]	1,88	3,76
Costo Total de la Instalación:			715554,61

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.147. Cálculo de Costos de la Zona del Administrativo – Aulas (Caso 2) con Potencia de 127,400 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 12V	719	200	143800
Estructura (ajustable) para 5 paneles	144	390	56160
Regulador de 440 [A]	5	389,99	1949,95
Batería 55Ah / 12VDC	3440	190	653600
Inversor marca 35 kW	1	5000	5000
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 500 MCM	5 [m]	6,18	30,9
Cable Baterías Inversor 1/0	2 [m]	1,88	3,76
Costo Total de la Instalación:			862464,61

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.148. Cálculo de costos de la Zona del Comunitario (Caso 1) con Potencia de 131,250 [kW] con paneles Monocristalinos de 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	424	330	139920
Estructura (ajustable) para 5 paneles	85	390	33150
Regulador de 440 [A]	5	389,99	1949,95
Batería 150Ah / 12VDC	1244	420	522480
Inversor marca 35 kW	1	1200	1200
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 500 MCM	5 [m]	6,18	30,9
Cable Baterías Inversor 2 AWG	2 [m]	0,66	1,32
Costo Total de la Instalación:			700652,17

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.149. Cálculo de Costos de la Zona del Comunitario (Caso 2) con Potencia de 125 [kW] con paneles Policristalino 200Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 200Wp / 24V	707	200	141400
Estructura (ajustable) para 5 paneles	141	390	54990
Regulador de 440 [A]	5	389,99	1949,95
Batería 55Ah / 12VDC	3388	190	643720
Inversor marca 35 kW	1	5000	5000
Cable Panel - Reguladores 4 AWG	1500 [m]	1,28	1920
Cable Regulador Baterías 500 MCM	5 [m]	6,18	30,9
Cable Baterías Inversor 2 AWG	2 [m]	0,66	1,32
Costo Total de la Instalación:			849012,17

Elaborado por: Juan García.

Anexo 27: Tablas de cálculo de costos de un Sistema Conectado a la Red, con paneles a inclinación de 0°.

Tabla A.150. Cálculo de costos de la zona del Taller Artesanal (Caso 1) con Potencia de 80,850 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	231	330	76230
Estructura (ajustable) para 5 paneles	46	390	17940
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Costo Total de la Instalación:			110370

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.151. Cálculo de costos de la zona del Taller Artesanal (Caso 2) con Potencia de 80,575 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	293	270	79110
Estructura (ajustable) para 5 paneles	59	390	23010
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Costo Total de la Instalación:			118320

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.152. Cálculo de costos de la zona del Auditorio (Caso 1) con Potencia de 10,850 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	31	330	10230
Estructura (ajustable) para 5 paneles	6	390	2340
Inversor 20 kW	1	3000	3000
Costo Total de la Instalación:			15570

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.153. Cálculo de costos de la zona del Auditorio (Caso 2) con Potencia de 10,725 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	39	270	10530
Estructura (ajustable) para 5 paneles	8	390	3120
Inversor 20 kW	1	3000	3000
Costo Total de la Instalación:			16650

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.154. Cálculo de costos de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 1) con Potencia de 51,450 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	147	330	48510
Estructura (ajustable) para 5 paneles	29	390	11310
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			64820

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.155. Cálculo de costos de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 2) con Potencia de 51,425 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	187	270	50490
Estructura (ajustable) para 5 paneles	37	390	14430
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			70855

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.156. Cálculo de costos de la zona del Comunitario (Caso 1) con Potencia de 50,750 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	145	330	47850
Estructura (ajustable) para 5 paneles	29	390	11310
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			64160

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.157. Cálculo de costos de la zona del Comunitario (Caso 2) con Potencia de 50,600 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	184	270	49680
Estructura (ajustable) para 5 paneles	37	390	14430
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			69110

Elaborado por: Juan García.

Anexo 28: Tablas de cálculo de costos de un Sistema Conectado a la Red, con paneles a inclinación de 11°.

Tabla A.158. Cálculo de costos de la zona del Taller Artesanal (Caso 1) con Potencia de 80,850 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	231	330	76230
Estructura (ajustable) para 5 paneles	46	390	17940
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Costo Total de la Instalación:			110370

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.159. Cálculo de costos de la zona del Taller Artesanal (Caso 2) con Potencia de 80,850 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	294	270	79380
Estructura (ajustable) para 5 paneles	59	390	23010
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Costo Total de la Instalación:			118590

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.160. Cálculo de costos de la zona del Auditorio (Caso 1) con Potencia de 10,850 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	31	330	10230
Estructura (ajustable) para 5 paneles	6	390	2340
Inversor 20 kW	1	3000	3000
Costo Total de la Instalación:			15570

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.161. Cálculo de costos de la zona del Auditorio (Caso 2) con Potencia de 10,725 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	39	270	10530
Estructura (ajustable) para 5 paneles	8	390	3120
Inversor 20 kW	1	3000	3000
Costo Total de la Instalación:			16650

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.162. Cálculo de costos de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 1) con Potencia de 51,450 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	147	330	48510
Estructura (ajustable) para 5 paneles	29	390	11310
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			64820

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.163. Cálculo de costos de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 2) con Potencia de 51,425 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	187	270	50490
Estructura (ajustable) para 5 paneles	37	390	14430
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			70855

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.164. Cálculo de costos de la zona del Comunitario (Caso 1) con Potencia de 50,750 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	145	330	47850
Estructura (ajustable) para 5 paneles	29	390	11310
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			64160

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.165. Cálculo de costos de la zona del Comunitario (Caso 2) con Potencia de 50,600 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	184	270	49680
Estructura (ajustable) para 5 paneles	37	390	14430
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			69110

Elaborado por: Juan García.

Anexo 29: Tablas de cálculo de costos de un Sistema Conectado a la Red, con paneles a inclinación de 20°.

Tabla A.166. Cálculo de costos de la zona del Taller Artesanal (Caso 1) con Potencia de 91,350 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	261	330	86130
Estructura (ajustable) para 5 paneles	52	390	20280
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Costo Total de la Instalación:			122610

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.167. Cálculo de costos de la zona del Taller Artesanal (Caso 2) con Potencia de 91,300 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	332	270	89640
Estructura (ajustable) para 5 paneles	66	390	25740
Inversor 1kW -200 kW	1	16200	16200
Costo Total de la Instalación:			131580

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.168. Cálculo de costos de la zona del Auditorio (Caso 1) con Potencia de 12,250 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	35	330	11550
Estructura (ajustable) para 5 paneles	7	390	2730
Inversor 20 kW	1	3000	3000
Costo Total de la Instalación:			17280

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.169. Cálculo de costos de la zona del Auditorio (Caso 2) con Potencia de 12,100 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	44	270	11880
Estructura (ajustable) para 5 paneles	9	390	3120
Inversor 20 kW	1	3000	3000
Costo Total de la Instalación:			18000

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.170. Cálculo de costos de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 1) con Potencia de 58,450 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	167	330	55110
Estructura (ajustable) para 5 paneles	33	390	12870
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			72980

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.171. Cálculo de costos de la zona del Administrativo - Aulas (Caso 2) con Potencia de 58,300 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	212	270	57240
Estructura (ajustable) para 5 paneles	42	390	16830
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			79070

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.172. Cálculo de costos de la zona del Comunitario (Caso 1) con Potencia de 57,400 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	164	330	54120
Estructura (ajustable) para 5 paneles	33	390	12870
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			71990

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.173. Cálculo de costos de la zona del Comunitario (Caso 2) con Potencia de 57,200 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	208	270	56160
Estructura (ajustable) para 5 paneles	42	390	16380
Inversor 35 kW	1	5000	5000
Costo Total de la Instalación:			77540

Elaborado por: Juan García.

Anexo 30: Tablas de cálculo de costos de un Sistema Conectado a la Red, Carga Lumínica, con paneles a inclinación de 0°, 11°, 20°

Tabla A.174. Cálculo de costos considerando las luminarias totales (Caso 1) con Potencia de 19,950 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	57	330	18810
Estructura (ajustable) para 5 paneles	11	390	4290
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			24316

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.175. Cálculo de costos considerando las luminarias totales (Caso 2) con Potencia de 19,800 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	72	270	19440
Estructura (ajustable) para 5 paneles	14	390	5460
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			26116

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.176. Cálculo de costos considerando las luminarias totales (Caso 1) con Potencia de 19,950 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	57	330	18810
Estructura (ajustable) para 5 paneles	11	390	4290
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			24316

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.177. Cálculo de costos considerando las luminarias totales (Caso 2) con Potencia de 19,800 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	72	270	19440
Estructura (ajustable) para 5 paneles	14	390	5460
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			26116

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.178. Cálculo de costos considerando las luminarias totales (Caso 1) con Potencia de 22,400 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	64	330	21120
Estructura (ajustable) para 5 paneles	13	390	5070
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			27406

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.179. Cálculo de costos considerando las luminarias totales (Caso 2) con Potencia de 22,550 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	82	270	22140
Estructura (ajustable) para 5 paneles	16	390	6240
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			29596

Elaborado por: Juan García.

Anexo 31: Tablas de cálculo de costos de un Sistema Conectado a la Red, Carga Auditorio - Comunitario, con paneles a inclinación de 0°, 11°, 20°

Tabla A.180. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Auditorio - Comunitario (Caso 1) con Potencia de 7 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	20	330	6600
Estructura (ajustable) para 5 paneles	4	390	1560
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			9376

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.181. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Auditorio - Comunitario (Caso 2) con Potencia de 7,15 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	26	270	7020
Estructura (ajustable) para 5 paneles	5	390	1950
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			10186

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.182. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Auditorio - Comunitario (Caso 1) con Potencia de 7 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	20	330	6600
Estructura (ajustable) para 5 paneles	4	390	1560
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			9376

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.183. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Auditorio - Comunitario (Caso 2) con Potencia de 7,15 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	26	270	7020
Estructura (ajustable) para 5 paneles	5	390	1950
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			10186

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.184. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Auditorio - Comunitario (Caso 1) con Potencia de 8,050 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	23	330	7590
Estructura (ajustable) para 5 paneles	5	390	1950
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			10756

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.185. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Auditorio - Comunitario (Caso 2) con Potencia de 7,975 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	29	270	7830
Estructura (ajustable) para 5 paneles	6	390	2340
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			11386

Elaborado por: Juan García.

Anexo 32: Tablas de cálculo de costos de un Sistema Conectado a la Red, Carga Talleres – Administrativo Aulas, con paneles a inclinación de 0°, 11°, 20°

Tabla A.186. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Taller – Administrativo - Aulas (Caso 1) con Potencia de 12,600 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	36	330	11880
Estructura (ajustable) para 5 paneles	7	390	2730
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			15826

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.187. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Taller – Administrativo - Aulas (Caso 2) con Potencia de 12,650 [kW] con un panel Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	46	270	12420
Estructura (ajustable) para 5 paneles	9	390	3510
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			17146

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.188. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Taller – Administrativo - Aulas (Caso 1) con Potencia de 12,600 [kW] con un panel Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	36	330	11880
Estructura (ajustable) para 5 paneles	7	390	2730
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			15826

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.189. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Taller –
Administrativo - Aulas (Caso 2) con Potencia de 12,650 [kW] con un panel
Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	46	270	12420
Estructura (ajustable) para 5 paneles	9	390	3510
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			17146

Elaborado por: Juan García.

Tabla A.190. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Taller –
Administrativo - Aulas (Caso 1) con Potencia de 14,700 [kW] con un panel
Monocristalino 350Wp / 24V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Monocristalino 350Wp / 24V	41	330	13530
Estructura (ajustable) para 5 paneles	8	390	3120
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			17866

Elaborado por: Juan García

Tabla A.191. Cálculo de costos considerando la carga lumínica del Taller –
Administrativo - Aulas (Caso 2) con Potencia de 14,300 [kW] con un panel
Policristalino 275Wp / 30V

Descripción	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Panel Policristalino 275Wp / 30V	52	270	14040
Estructura (ajustable) para 5 paneles	10	390	3900
Inversor 5kW -15 kW	1	1216	1216
Costo Total de la Instalación:			19156

Elaborado por: Juan García.