



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Instituto
Ingeniería
Energética



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MÁSTER
TECNOLOGÍA ENERGÉTICA PARA DESARROLLO SOSTENIBLE

**“DIMENSIONAMIENTO DE 3 PLANTAS
FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO
CON UNA POTENCIA TOTAL DE 10,5
MWp EN JAMAICA”**

AUTOR: VILLANUEVA MORENO, SALVADOR FCO.

TUTOR: ALFONSO SOLAR, DAVID

COTUTOR: VARGAS SALGADO, CARLOS AFRANIO

Curso Académico: 2019-2020

“Fecha 11/2020”

AGRADECIMIENTOS

“Quiero aprovechar la ocasión para agradecer el apoyo de mi familia, amigos, tutores y compañeros de la empresa que me han ayudado durante la realización del presente proyecto”

RESUMEN

El presente proyecto recoge los documentos básicos (Memoria, Presupuesto, Planos, Pliego de Condiciones, Estudio Básico de Seguridad y Salud, y Anexos) para la instalación de tres plantas solares fotovoltaicas en la isla de Jamaica destinadas al autoconsumo: Jamalco de 9,16 MWp, Freetown de 1,07 MWp y Linstead 0,3 de MWp, con una potencia total instalada de 10.53 MWp.

El objetivo de este proyecto es el diseño y dimensionamiento, de acuerdo con la legislación internacional pertinente (IEC), de tres plantas solares fotovoltaicas, sirviendo de base para su futura ejecución.

Para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado el siguiente software: PVsyst para verificar el dimensionamiento de las instalaciones y los cálculos relativos a la producción de energía y a su rendimiento, MSPProject para la elaboración de los cronogramas del proyecto y AutoCAD para el trazado de los planos. Para el dimensionamiento de los distintos elementos de la planta se ha utilizado Excel.

Para este proyecto se ha escogido el módulo fotovoltaico LR4-72HPH-455M de Jinko Solar de 455 Wp, los inversores SUN2000-185KTL-H1 y SUN60KTL-M0 de Huawei, cableado de continua de baja tensión de cobre ZZ/F 1,8 kV de 2x10, 2x6 y 2x4 mm², cableado de alterna de baja tensión de aluminio XZ1 0,6/1kV de 3x1x300, 3x1x240 y 3x1x150 mm², cableado de alterna de media tensión de aluminio RH5Z1 18/30kV de 1x400 y 1x50 mm² y transformadores de 4 MVA 0,38/13,8kV.

El dimensionamiento de las plantas es el siguiente: en Jamalco, para una potencia de diseño de 9,16 MWp se ha previsto la instalación de 20.130 paneles y 44 inversores, con un ratio DC/AC de 1,19; en Freetown, para una potencia de diseño de 1,07 MWp se ha previsto la instalación de 2.354 paneles y 12 inversores, con un ratio DC/AC de 1,49 y en Linstead, para una potencia de diseño de 0,3 MWp se ha previsto la instalación de 660 paneles y 4 inversores, con un ratio DC/AC de 1,25.

El proyecto supondrá una inversión total de 8.513.145,72 € para una generación anual prevista de 15.515,2 MWh, con un coste estimado de 0,721 €/Wp para la planta de Jamalco y un periodo de retorno de 2,8 años, un coste estimado de 1,190 €/Wp para la planta de Freetown y un periodo de retorno de 4,7 años y un coste estimado de 2,106 €/Wp para la planta de Linstead y un periodo de retorno de 8,5 años.

En el Estudio Básico de Seguridad y Salud se ha tenido en cuenta la actual situación causada por la pandemia del Covid-19 y se han incorporado las pertinentes medidas de prevención.

Con todo esto, se puede concluir que el proyecto es viable tanto en su aspecto técnico como en su aspecto económico.

Palabras Clave: Planta Solar Fotovoltaica, Autoconsumo, PVsyst, Producción Eléctrica, Dimensionamiento.

RESUM

El present projecte recull els documents bàsics (Memòria, Pressupost, Plans, Plec de condicions, Estudi Bàsic de Seguretat i Salut, i Annexos) per a la instal·lació de tres plantes solars fotovoltaïques a l'illa de Jamaica destinades a l'autoconsum: Jamalco de 9,16 MWp, Freetown de 1,07 MWp i Linstead 0,3 de MWp, amb una potència total instal·lada de 10.53 MWp.

L'objectiu d'aquest projecte és el disseny i dimensionament, d'acord amb la legislació internacional pertinent (IEC), de tres plantes solars fotovoltaïques, servint de base per a la seua futura execució.

Per al desenvolupament d'aquest projecte s'ha utilitzat el següent programari: PVsyst per a verificar el dimensionament de les instal·lacions i els càlculs relatius a la producció d'energia i al seu rendiment, MSPProject per a l'elaboració dels cronogrames del projecte i AutoCAD per al traçat dels plans. Per al dimensionament dels diferents elements de la planta s'ha utilitzat Excel.

Per a aquest projecte s'ha triat el mòdul fotovoltaic LR4-72HPH-455M de Jinko Solar de 455 Wp, els inversors SUN2000-185KTL-H1 i SUN60KTL-M0 d'Huawei, cablejat de contínua de baixa tensió de coure ZZ/F 1,8 kV de 2x10, 2x6 i 2x4 mm², cablejat d'alterna de baixa tensió d'alumini XZ1 0,6/1kV de 3x1x300, 3x1x240 i 3x1x150 mm², cablejat d'alterna de mitjana tensió d'alumini RH5Z1 18/30kV de 1x400 i 1x50 mm² i transformadors de 4 MVA 0,38/13,8kV.

El dimensionament de les plantes és el següent: en Jamalco, per a una potència de disseny de 9,16 MWp s'ha previst la instal·lació de 20.130 panells i 44 inversors, amb un ràtio DC/AC de 1,19; a Freetown, per a una potència de disseny de 1,07 MWp s'ha previst la instal·lació de 2.354 panells i 12 inversors, amb un ràtio DC/AC de 1,49 i en Linstead, per a una potència de disseny de 0,3 MWp s'ha previst la instal·lació de 660 panells i 4 inversors, amb un ràtio DC/AC de 1,25.

El projecte suposarà una inversió total de 8.513.145,72 € per a una generació anual prevista de 15.515,2 MWh, amb un cost estimat de 0,721 €/Wp per a la planta de Jamalco i un període de retorn de 2,8 anys, un cost estimat de 1,190 €/Wp per a la planta de Freetown i un període de retorn de 4,7 anys i un cost estimat de 2,106 €/Wp per a la planta de Linstead i un període de retorn de 8,5 anys.

En l'Estudi Bàsic de Seguretat i Salut s'ha tingut en compte l'actual situació causada per la pandèmia del Covid-19 i s'han incorporat les pertinents mesures de prevenció.

Amb tot això, es pot concloure que el projecte és viable tant en el seu aspecte tècnic com en el seu aspecte econòmic.

Paraules clau: Planta Solar Fotovoltaica, Autoconsum, PVsyst, Producció Elèctrica, Dimensionament.

ABSTRACT

This project contains the basic documents (Report, Budget, Drawings, Tender Document, Health & Safety Basic Study and Annexes) for the installation of three photovoltaic solar plants intended for self-consumption in the island of Jamaica: Jamalco of 9,16 MWp, Freetown of 1,07 MWp and Linstead 0,3 of MWp, with a total installed power of 10.53 MWp.

The purpose of this project is the design and dimensioning, according to the proper international legislation (IEC), of three photovoltaic solar plants, as the basis for its future execution.

In order to develop this project, the following software has been used: PVsyst for verification and dimensioning of the facilities and the calculations related to energy production and its performance ratio, MSPProject for the elaboration of the project schedules and AutoCAD for the drawings. Excel has been used for the dimensioning of the different components of the plant.

For this Project it has been selected the PV module LR4-72HPH-455M from Jinko Solar of 455 Wp, the inverters SUN2000-185KTL-H1 and SUN60KTL-M0 from Huawei, DC LV copper cabling ZZ/F 1,8 kV of 2x10, 2x6 and 2x4 mm², AC LV aluminium cabling XZ1 0,6/1kV of 3x1x300, 3x1x240 and 3x1x150 mm², AC MV aluminium cabling RH5Z1 18/30kV of 1x400 and 1x50 mm² and 4 MVA transformers of 0,38/13,8kV.

The sizing of the PV plants is as follows: in Jamalco, for a design power of 9,16 MWp, 20.130 panels and 44 inverters with a DC/AC ratio of 1,19 have been installed; in Freetown, for a design power of 1,07 MWp, 2.354 panels and 12 inverters with a DC/AC ratio of 1,49 have been installed and in Linstead, for a design power of 0,30 MWp, 660 panels and 4 inverters with a DC/AC ratio of 1,25 have been installed.

The total investment of this project will be of 8.513.145,72 € for a yearly estimated generation of 15.515,2 MWh, with an estimated cost of 0,721 €/Wp for Jamalco PV plant and a payback period of 2,8 years, an estimated cost of 1,190 €/Wp for Freetown PV plant and a payback period of 4,7 years and an estimated cost of 2,106 €/Wp for Linstead PV plant and a payback period of 8,5 years.

The present situation due to the pandemic Covid-19 has been considered in the Health & Safety Basic Study, incorporating the adequate preventive measures.

Considering the above information, it can be concluded that the project is feasible both in its technical as well as in its economic aspects.

Keywords: Photovoltaic Solar Plant, Self-Consumption, PVsyst, Electrical Production, Dimensioning.

ÍNDICE

MEMORIA	1
1. OBJETO DEL PROYECTO	2
2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	2
3. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	3
4. NORMATIVA APLICABLE	5
4.1. OBSERVACIONES	5
4.2. NORMATIVA DE CARÁCTER NACIONAL	5
4.3. NORMATIVA UNE	6
5. DESCRIPCION TECNICA DE LAS INSTALACIONES	6
5.1. DESCRIPCION GENERAL DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	6
5.1.1. PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO	6
5.1.2. INVERSORES	8
5.1.3. CARACTERISTICAS DEL CAMPO FOTOVOLTAICO	13
5.1.4. ESTRUCTURA DE SOPORTE	15
5.1.5. CABLEADO DE BAJA TENSION	15
5.1.6. CANALIZACIONES PARA EL CABLEADO DE BAJA TENSION	17
5.1.7. CUADROS Y SISTEMA DE MONITORIZACION	17
5.1.8. PROTECCIONES EN BAJA TENSION	17
5.1.9. SISTEMA DE TRANSFORMACION	18
5.1.10. CABLEADO DE MEDIA TENSION	19
5.1.11. CANALIZACIONES PARA EL CABLEADO DE MEDIA TENSION	20
5.1.12. SISTEMA CCTV	20
5.1.13. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	21
5.1.14. OBRA CIVIL	22
6. CALCULOS JUSTIFICATIVOS	23
6.1. DIMENSIONADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO	23
6.1.1. COMPROBACION DE LA CAIDA DE TENSION	25
6.1.2. COMPROBACION DE LA INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE	27
6.2. selección DE LAS SECCIONES DEL CABLEADO	28
6.2.1. CRITERIOS EMPLEADOS	29
6.3. CALCULO DE PROTECCIONES ELECTRICAS	39

6.3.1.	PROTECCIONES FRENTE A LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	39
6.3.2.	RESULTADOS DEL CALCULO DE PROTECCIONES ELECTRICAS	40
6.4.	CALCULO DE PUESTA A TIERRA	41
6.5.	SIMULACION PVSYSY	46
6.5.1.	RESULTADOS DE LA SIMULACION	53
7.	ESTUDIO DE GESTION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION	56
7.1.	IDENTIFICACION DE AGENTES INTERVINIENTES	56
7.1.1.	PRODUCTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION (TITULAR)	56
7.1.2.	POSEEDOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION (CONSTRUCTOR)	56
7.1.3.	GESTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION.....	57
7.2.	ESTIMACION DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION QUE SE GENERARAN EN LA OBRA.....	57
7.3.	MEDIDAS PARA LA PREVENCION DE RESIDUOS DE OBRA OBJETO DEL PROYECTO	59
7.4.	OPERACIONES DE REUTILIZACION; VALORIZACION O ELIMINACION A QUE SE DESTINARAN LOS RESIDUOS QUE SE GENERAN EN LA OBRA	59
7.5.	MEDIDAS PARA LA SEPARACION DE LOS RESIDUOS EN OBRA.....	60
7.6.	VALORACION DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION	60
8.	CONCLUSIONES	61
	PRESUPUESTO	62
1.	PRESUPUESTO DESGLOSADO	63
2.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	73
3.	PRESUPUESTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (O&M)	75
4.	ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS	76
	PLANOS.....	78
1.	LISTADO DE PLANOS.....	79
	PLIEGO DE CONDICIONES.....	80
1.	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	81
2.	ESPECIFICACIONES DE MATERIALES, EQUIPOS Y EJECUCION	81
2.1.	SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS.....	81
2.2.	ESTRUCTURA DE SOPORTE.....	82
2.3.	INVERSORES	82
2.4.	CABLEADO DE BAJA TENSION	83
2.4.1.	LINEAS DE BAJA TENSION DE CORRIENTE CONTINUA	83

2.4.2.	LINEAS DE BAJA TENSION EN CORRIENTE ALTERNA	84
2.5.	PROTECCIONES.....	84
2.6.	CANALIZACIONES	84
2.7.	PUESTA A TIERRA	84
2.8.	ARMONICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA	84
3.	CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION	84
4.	CONDICIONES FACULTATIVAS.....	85
4.1.	DIRECCION DE OBRAS	85
4.2.	LIBRO DE ORDENES	86
5.	CONDICIONES ECONOMICAS Y LEGALES.....	86
5.1.	ABONO DE LA OBRA	86
5.2.	PRECIOS.....	86
5.3.	REVISION DE PRECIOS	86
5.4.	PENALIZACIONES.....	86
5.5.	CONTRATO	87
5.6.	RESPONSABILIDADES.....	87
5.7.	RECEPCION DE LAS OBRAS Y GARANTIA	87
6.	MANTENIMIENTO DE LA INSTALACION	88
6.1.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	88
6.2.	PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	89
ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD		90
1.	OBJETO DEL ESTUDIO.....	91
2.	DATOS DE LA OBRA	91
2.1.	SITUACION, ACCESOS Y ESPACIOS AFECTADOS	91
2.2.	CARACTERISTICAS DEL PROYECTO	91
2.3.	CONOCIMIENTO DEL TERRENO.....	91
2.4.	PREVISION DE DURACION DE LA OBRA.....	92
2.5.	PRESUPUESTO DE EJECUCION DE LA OBRA	92
3.	JUSTIFICACION DOCUMENTAL.....	92
3.1.	JUSTIFICACION DEL ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD	92
3.2.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	92
3.3.	DEBERES, OBLIGACIONES Y COMPROMISOS	93
4.	FASES DE LA OBRA.....	94

4.1.	ACTUACIONES PREVIAS	94
4.2.	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Y CIMENTACIONES	94
4.3.	EJECUCION DE LA ESTRUCTURA	94
4.4.	EJECUCION DE LA INSTALACION ELECTRICA	95
4.5.	PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACION	95
5.	ANALISIS DE RIESGOS Y PREVENCION EN LAS FASES DE LAS OBRAS	95
5.1.	IDENTIFICACION DE RIESGOS Y EVALUACION DE LA EFICACIA DE LAS PROTECCIONES TECNICAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS ESTABLECIDAS, SEGÚN LOS METODOS Y SISTEMAS DE EJECUCION PREVISTOS EN EL PROYECTO.....	95
5.2.	ENERGIAS DE LA OBRA	97
5.2.1.	ELECTRICIDAD.....	97
5.3.	UNIDADES DE OBRA	98
5.4.	SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES DEL CENTRO DE TRABAJO	99
5.5.	ALMACENES.....	99
5.6.	MEDIDAS PREVENTIVAS EN LA ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	100
5.7.	PROTECCIONES COLECTIVAS	101
5.8.	PROTECCIONES PERSONALES.....	101
5.8.1.	PROTECCIÓN AUDITIVA.....	101
5.8.2.	PROTECCIÓN DE LA CABEZA.....	101
5.8.3.	PROTECCIÓN DE LA CARA Y OJOS	102
5.8.4.	PROTECCIÓN DE MANOS Y BRAZOS	102
5.8.5.	PROTECCIÓN DE PIES Y PIERNAS	102
6.	PREVENCION DE RIESGOS EN MAQUINARIA, HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES	102
7.	EQUIPOS TECNICOS.....	103
7.1.	MAQUINARIA DE OBRA	103
7.1.1.	MAQUINARIA PESADA.....	103
7.1.2.	MAQUINARIA DE COMPACTACIÓN Y EXTENDIDO (PISÓN NEUMÁTICO)	103
7.2.	MAQUINARIA LIGERA	104
7.2.1.	RADIALES ELÉCTRICAS	104
7.2.2.	TALADROS ELÉCTRICOS Y DE BATERÍA	105
7.2.3.	ATORNILLADORES ELÉCTRICOS Y DE BATERÍA	105
7.2.4.	HERRAMIENTAS MANUALES	106
8.	ANALISIS DE RIESGOS CATASTROFICOS	107

9.	MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS.....	107
9.1.	RECONOCIMIENTOS MEDICOS PERIODICOS	107
9.2.	PRIMEROS AUXILIOS.....	107
10.	MEDIDAS DE HIGIENE PERSONALES Y EN LAS INSTALACIONES	107
11.	MEDIDAS DE PREVENCION ANTE LA SITUACION DE EMERGENCIA SANITARIA POR EL COVID-19	107
11.1.	OBJETO	107
11.2.	AMBITO DE APLICACIÓN	107
11.3.	MEDIDAS GENERALES DE PREVENCION Y ORGANIZATIVAS.....	108
11.3.1.	ACCESO A LA OBRA.....	108
11.3.2.	MEDIDAS ORGANIZACIONALES EN OBRA	109
11.3.3.	MEDIDAS DE HIGIENE PERSONAL.....	110
	ANEXO A – INFORMES PVSYSY	111
	ANEXO B – CRONOGRAMAS.....	113

Listado de Figuras

Figura 1: Vista Satélite de la Ubicación de las Plantas Solares Fotovoltaica (Jamaica).....	3
Figura 2 Vista Satélite de la Ubicación de la Planta Solar Fotovoltaica de Freetown	4
Figura 3 Vista Satélite de la Ubicación de la Planta Solar Fotovoltaica de Linstead	4
Figura 4 Vista Satélite de la Ubicación de la Planta Solar Fotovoltaica de Jamalco.....	5
Figura 5 Diseño Esquemático del Módulo Solar	7
Figura 6 Inversor Huawei SUN2000-185KTL-H1.....	9
Figura 7 Especificaciones Técnicas del Inv. Huawei SUN2000-185KTL-H1	10
Figura 8 Inversor Huawei SUN2000-60KTL-M0.....	11
Figura 9 Especificaciones Técnicas del Inv. Huawei SUN2000-60KTL-M0.....	12
Figura 10 Rack de Montaje de los Módulos Fotovoltaicos	15
Figura 12 Resistividad Eléctrica del Terreno según su Naturaleza.....	43
Figura 13 Parámetros Característicos de Electrodo de Puestas a a Tierra (7mx4m y profundidas 0,5 m)	43
Figura 14 Valores Admisibles de la Tensión de Contacto Aplicada en Función de la Duración de la Corriente de Falta (ITC-RAT 13).....	45
Figura 15 Definición de la Ubicación Geográfica y del Archivo Meteorológico en PVsyst	46
Figura 16 Definición de la Estructura y Orientacion de los Modulos Fotovoltaicos en PVsyst..	47
Figura 17 Definición del Sistema de la Planta Fotovoltaica en PVsyst.....	48
Figura 18 Definición de las Pérdidas Térmicas en PVsyst	48
Figura 19 Definición de las Pérdidas Ohmicas en PVsyst.....	49
Figura 20 Definición de las Pérdidas de Calidad del Módulo, LID y Mismatch en PVsyst.....	49
Figura 21 Definición de las Pérdidas por Ensuciamiento o Soiling en PVsyst	49
Figura 22 Definición de las Perdidas por el ángulo de Incidencia o IAM en PVsyst.....	50
Figura 23 Definición de las Pérdidas por Alimentación de Elementos Auxiliares en PVsyst	50
Figura 24 Definición de las Pérdidas por Envejecimiento en PVsyst	51
Figura 25 Definición de las Pérdidas por indisponibilidad en PVsyst.....	51
Figura 26 Definición de las Sombras Lejanas en PVsyst.....	52
Figura 27 Definición de las Sombras Cercanas en PVsyst	52
Figura 28 Dibujo 3D de la Planta Fotovoltaica de Jamalco Desarrollado en PVcase	52
Figura 29 Gráficas Mensuales de la Producción Normalizada por kWp instalado (Izq.) y del Rendimiento de la Instalación (Der.) de la planta de Jamalco	53

Figura 30 Diagrama de Pérdidas del Sistema de la Planta de Jamalco	53
Figura 31 Gráficas Mensuales de la Producción Normalizada por kWp instalado (Izq.) y del Rendimiento de la Instalación (Der.) de la planta de Freetown	54
Figura 32 Diagrama de Pérdidas del Sistema de la Planta de Freetown.....	54
Figura 33 Gráficas Mensuales de la Producción Normalizada por kWp instalado (Izq.) y del Rendimiento de la Instalación (Der.) de la planta de Linstead	55
Figura 34 Diagrama de Pérdidas del Sistema de la Planta de Linstead.....	55

Listado de Tablas

Tabla 1 Ubicación y Potencia de las Plantas Solares Fotovoltaica (Jamaica)	3
Tabla 2 Correlacion entre la TONC y la velocidad del viento	27
Tabla 3 Correlación entre la Irradiancia y la Tensión en Vacío	27
Tabla 4 Temperaturas Máximas Admisibles de Funcionamiento para Tipos de Aislamiento	30
Tabla 5: Ecuaciones Empleadas para el Cálculo de la Caída de Tensión.....	30
Tabla 6: Resistividades Eléctricas de los Metales Empleados en el Cableado	31
Tabla 7 Ecuaciones Método de las Impedancias para el Cálculo de las Intensidades de Cortocircuito.....	31
Tabla 8 Ecuaciones para el Cálculo de la Impedancia de la Red de Alimentación.....	32
Tabla 9 Ecuaciones para el Cálculo de la Impedancia del Transformador	33
Tabla 10 Ecuaciones para el Cálculo de la Impedancia de la Línea o Conductor	34
Tabla 11 Coeficiente de Variación de la Resistividad con la Temperatura de los Metales Utilizados	34
Tabla 12 Resistividad Unitaria de los Metales Utilizados.....	34
Tabla 13 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Continua de Jamalco (Main AC Box 1).....	35
Tabla 14 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Continua de Jamalco (Main AC Box 2).....	36
Tabla 15 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Alterna de Jamalco	37
Tabla 16 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Continua de Freetown	37
Tabla 17 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Alterna de Freetown	38
Tabla 18 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Continua de Linstead	38
Tabla 19 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Alterna de Lisntead	38
Tabla 20 Resultados del Cálculo de Cableado de Media Tensión de Jamalco	38
Tabla 21 Condiciones de Protección Eléctrica Frente a Sobrecargas.....	39
Tabla 22 Intensidades nominales normalizadas de los fusibles de baja tensión	39
Tabla 23 Ecuaciones para el Cálculo de Protecciones ante las Corrientes de Cortocircuito.	40
Tabla 25 Protecciones eléctricas en baja tensión de la planta de Freetown	40

Tabla 26 Protecciones eléctricas en baja tensión de la planta de Linstead	40
Tabla 27 Protecciones eléctricas en baja tensión de la planta de Jamalco	41
Tabla 28 Valores Admisibles de la Tensión de Contacto Aplicada en Función de la Duración de la Corriente de Falta (ITC-RAT 13).....	45
Tabla 29 Checklist de los Residuos de Construcción a Generar durante la Obra	57
Tabla 30 Residuos Procedentes del Embalaje.....	58
Tabla 34 Presupuesto Desglosado de la Planta Fotovoltaica de Jamalco	63
Tabla 35 Presupuesto Desglosado de la Planta Fotovoltaica de Freetown	67
Tabla 36 Presupuesto Desglosado de la Planta Fotovoltaica de Linstead	70
Tabla 38 Resumen del Presupuesto de la Planta Fotovoltaica de Jamalco	73
Tabla 37 Resumen del Presupuesto de la Planta Fotovoltaica de Freetown.....	73
Tabla 39 Resumen del Presupuesto de la Planta Fotovoltaica de Linstead.....	74
Tabla 40 Resumen del Presupuesto de la Plantas Fotovoltaicas del Proyecto.....	74
Tabla 41 Presupuesto de O&M de la Planta de Jamalco	75
Tabla 42 Presupuesto de O&M de la Planta de Freetown.....	75
Tabla 43 Presupuesto de O&M de la Planta de Linstead.....	75
Tabla 44 Estudio de Viabilidad Económica de la Planta de Jamalco	76
Tabla 45 Estudio de Viabilidad Económica de la Planta de Freetown	76
Tabla 46 Estudio de Viabilidad Económica de la Planta de Linstead	76
Tabla 47 Gravedad de las Consecuencias de los Posibles Riesgos.....	95
Tabla 48 Probabilidad de los Posibles Riesgos	96
Tabla 49 Evaluación de los Posibles Riesgos	96
Tabla 50 Control de los Posibles Riesgos	97
Tabla 51 Mano de Obra por Planta	114

MEMORIA

1. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto, el diseño e instalación de tres plantas solares fotovoltaicas destinadas para el autoconsumo con una potencia total instalada de 10.53 MWp en la isla de Jamaica, sirviendo de base para su futura ejecución, contando para ello, y dando cumplimiento a la legislación pertinente.

En los documentos que forman este proyecto se definen los aspectos básicos, técnicos y económicos, y de diseño, y realización de un sistema para la generación de energía eléctrica de origen solar fotovoltaico.

El alcance general del presente documento incluye:

- La descripción del emplazamiento.
- La descripción general de los elementos que conforman la instalación, indicando las características técnicas de los equipos y sistemas a instalar.
- Los criterios del dimensionado de las instalaciones.
- Una estimación de presupuestos.
- El mantenimiento y la puesta en servicio.
- Los plazos de ejecución.
- Planos.

2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Las tres plantas fotovoltaicas que conforman este proyecto han sido desarrolladas para dos clientes distintos: CB (Caribbean Broilers) Group y Jamalco.

CB Group es una compañía dedicada mayormente a la agroindustria, disponiendo de varias instalaciones a lo largo de la isla de Jamaica. En dos de estas instalaciones, se van a destinar terrenos adyacentes y disponibles para la construcción de instalaciones solares fotovoltaicas montadas en suelo. Siendo estas:

- Una instalación de refrigeración avícola ubicada en Freetown, Clarendon Parish (En adelante, se hará referencia a la planta ubicada en dicha ubicación como Freetown).
- Una planta de incubación ubicada en Linstead, St. Catherine Parish (En adelante en este proyecto, se hará referencia a la planta ubicada en dicha ubicación como Linstead).

Jamalco es una compañía dedicada a la minería, centrándose principalmente en la obtención de bauxita y en la producción de alúmina. La mina tiene una demanda pico de 41 MW anuales destinada a la alimentación de sus instalaciones, de los cuales, 39 MW son generados in situ mediante una planta de cogeneración ubicada en su refinería. Los 2 MW restantes se importan de la red. La compañía, tiene un acuerdo con la empresa nacional de servicios públicos, JPS (Jamaica Public Service), para exportar energía a la red. La cantidad de energía importada o exportada a la red depende de sus necesidades energéticas en ese momento y de la fase de operación de su planta de cogeneración.

Se ha acordado desarrollar y construir una planta solar fotovoltaica junto a la refinería de bauxita con sede en Halse Hall, Clarendon Parish (En adelante, se hará referencia a la planta ubicada en dicha ubicación como Jamalco).

3. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El conjunto de plantas, que forman este proyecto, se emplazará en tres localizaciones distintas en el sureste de la isla de Jamaica, como se muestra en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 1 Ubicación y Potencia de las Plantas Solares Fotovoltaica (Jamaica)

	Ciente	Planta	Potencia (kWp)	Latitud	Longitud
1		Freetown	1,071.0	17.899887° N	77.147882° E
2		Linstead	297.5	18.133264° N	77.042211° E
3		Jamalco	9,159.2	17.898189° N	77.244597° E

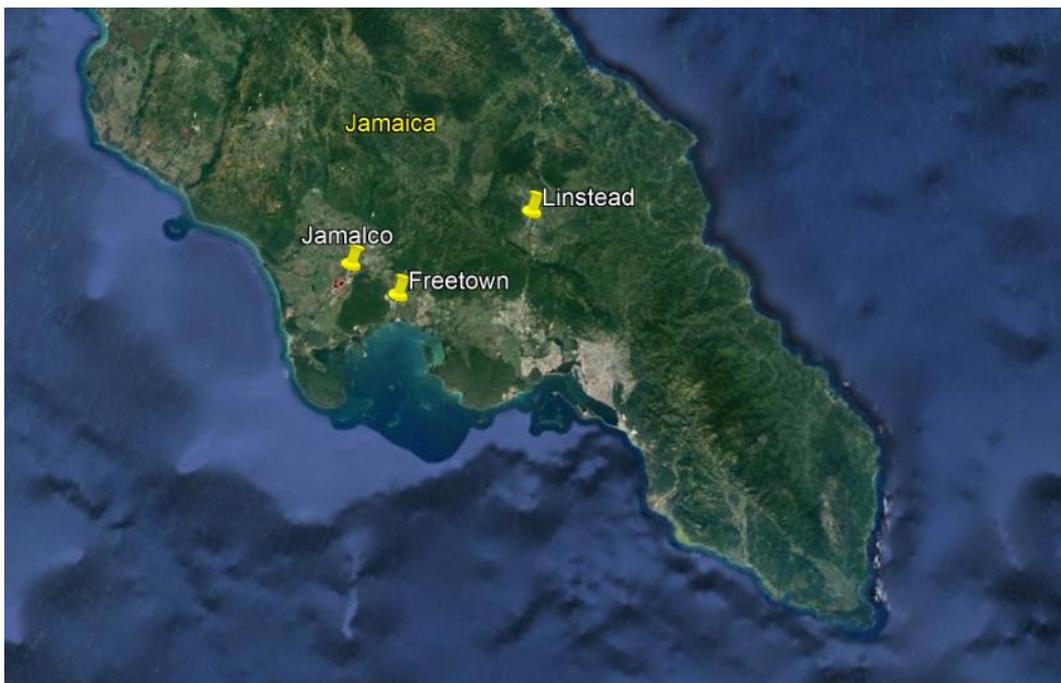


Figura 1: Vista Satélite de la Ubicación de las Plantas Solares Fotovoltaica (Jamaica)

Como se puede apreciar en la anterior figura, la distancia entre las plantas es relativamente escasa, unos 10 km entre Jamalco y Freetown y alrededor de 30 km de estas plantas a Linstead. Esto permite reducir costes tanto en transporte y logística durante la construcción, como de mantenimiento durante en la fase de operación de las plantas.



Figura 2 Vista Satélite de la Ubicación de la Planta Solar Fotovoltaica de Freetown



Figura 3 Vista Satélite de la Ubicación de la Planta Solar Fotovoltaica de Linstead



Figura 4 Vista Satélite de la Ubicación de la Planta Solar Fotovoltaica de Jamalco

4. NORMATIVA APLICABLE

4.1. OBSERVACIONES

Se ha aplicado al presente proyecto la normativa vigente internacional desarrollada por el IEC (International Electrotechnical Commission), así como las Normas UNE equivalentes o aplicables.

4.2. NORMATIVA DE CARÁCTER NACIONAL

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas UNE: Fundamentalmente las definidas como de obligado cumplimiento en los reglamentos anteriores.
- Normas IEC, en caso de no existir norma UNE aplicable. Son de especial uso las normas del grupo ICS 29 "Electrical Engineering" y del grupo ICS 31 "Electronics".
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 337/2014 de 09 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

- Recomendaciones AELEC (anteriormente UNESA).
- Normalización Nacional. Normas UNE y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento según la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 02.

4.3. NORMATIVA UNE

- UNE-EN 60076-X: Transformadores de potencia.
- UNE-EN 61173:1998: Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía. Guía.
- UNE-EN 60891:1994: Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino.
- UNE-EN 60904-X: Dispositivos fotovoltaicos.
- UNE-EN 61194:1997: Parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos.
- UNE-EN 61277:2000: Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres generadores de potencia. Generalidades y Guía.
- IEC 60129: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE 21123-X: Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV.
- UNE-HD 603-X: Cables de distribución de tensión asignada 0,6/1 kV.

5. DESCRIPCION TECNICA DE LAS INSTALACIONES

Cada una de las instalaciones proyectadas se compondrá de un sistema fotovoltaico generador de electricidad. Dicho generador estará constituido por módulos fotovoltaicos conectados eléctricamente entre sí, en cuya salida de corriente continua se situará un inversor de potencia, el cual dotará a la energía generada de las características necesarias para su inyección a la red. Se incluirán todas las protecciones pertinentes en este tipo de instalaciones, así como las estructuras de soporte de los módulos.

5.1. DESCRIPCION GENERAL DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

5.1.1. PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

Para este proyecto se ha establecido que la marca de los módulos ha de ser Longi Solar y se ha optado por el modelo LR4-HPH72-455M de 455 Wp de potencia, por su alta eficiencia, fiabilidad y disponibilidad en el mercado para las fechas de construcción previstas, con un precio de 0,1667 €/Wp. El módulo está compuesto por 72 células HC de alta eficiencia de tecnología policristalina, lo que garantiza una producción eficiente de las instalaciones fotovoltaicas.

Para proteger las células contra las condiciones climáticas más adversas, las células están incrustadas entre una protección de cristal endurecido, templado de bajo contenido en hierro, de alta transmisividad; y láminas de TPT y EVA. Marco de aluminio anodinado, estético, estable, que proporciona alta resistencia al viento, a la carga de nieve y con unos accesos sencillos para el montaje. Los perfiles posteriores están equipados con agujeros de drenaje. De esta forma se elimina el riesgo de que el agua de nieve pueda acumularse en el interior del perfil y pueda congelarse produciendo daños. Cableado con sistema de conexión rápida tipo MC4. Certificados bajo IEC61215, TUV Class II, CE, ISO9001:2000. La parte trasera está sellada con láminas PET. El laminado se encuentra en un marco de aluminio resistente y fácil de montar.

Las principales características eléctricas del panel fotovoltaico seleccionado se muestran a continuación:

- Potencia Nominal (PMPP)455 Wp.
- Tolerancia Potencia Nominal0~+5W.
- Tensión en el Punto de Máxima Potencia (VMPP) 41,7 V.
- Intensidad en el Punto de Máxima Potencia (IMPP) 10,92 A.
- Tensión en Circuito Abierto (VOC) 49,5 V.
- Intensidad de Cortocircuito (ISC) 11,66 A.
- Coef. de Temperatura de la Tensión de Circuito Abierto -0,270%/°C.
- Coef. de Temperatura de la Corriente de Cortocircuito +0,048%/°C.
- Máxima Tensión del Sistema 1.500VDC.

Dichas características están referidas a las condiciones estándar de medida (CEM o STC, por sus siglas en inglés):

- Temperatura de la Célula25°C.
- Radiación 1000 W/m².
- Espectro.....AM 1,5.

Las dimensiones de los módulos fotovoltaicos son las siguientes:

- Longitud 2094 mm.
- Anchura 1038 mm.
- Espesor 35 mm.
- Peso23,5 kg.

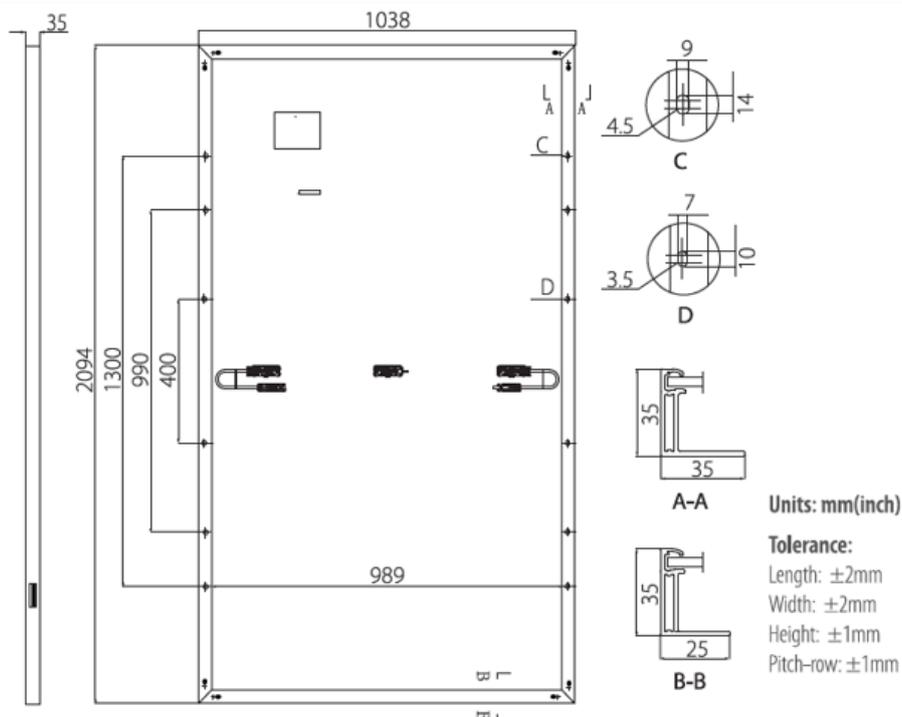


Figura 5 Diseño Esquemático del Módulo Solar

Jamalco

La planta solar fotovoltaica de Jamalco consta de un sistema generador compuesto por 20.130 paneles de células de silicio monocristalino, conectados cada 30 módulos en serie formando un total de 671 strings y con una potencia pico de planta de 9.159,15 kWp.

Freetown

La planta solar fotovoltaica de Freetown consta de un sistema generador compuesto por 2.354 paneles de células de silicio monocristalino, conectados cada 22 módulos en serie formando un total de 107 strings y con una potencia pico de planta de 1.071,07 kWp.

Linstead

La planta solar fotovoltaica de Linstead consta de un sistema generador compuesto por 660 paneles de células de silicio monocristalino, conectados cada 22 módulos en serie formando un total de 30 strings y con una potencia pico de planta de 300,30 kWp.

5.1.2. INVERSORES

Como es sabido, los módulos fotovoltaicos producen energía eléctrica en corriente continua. La función de los equipos inversores es adaptar esa energía eléctrica de corriente continua a corriente alterna, modificando así mismo los niveles de tensión. Además de generar una onda sinusoidal, los equipos inversores generan un sistema trifásico equilibrado, adaptando la potencia generada a los sistemas convencionales de distribución de energía eléctrica.

Se ha establecido que la marca de los inversores sea Huawei optando por los modelos SUN2000-185KTL H1, en el caso de la planta de Jamalco, y SUN2000-60KTL H1 para las plantas de Freetown y Linstead, ya que se tiene una gran experiencia en el uso de estos inversores tanto a nivel nacional como en el extranjero y cuentan con un alto nivel de eficiencia y fiabilidad, con un precio de 26 €/kWn para el modelo SUN2000-185KTL H1 y de 44,16 €/kWn. También se ha tenido en cuenta sus capacidades modulares y de escalabilidad. Se ha escogido un modelo diferente para las plantas de menor tamaño, para poder satisfacer mejor las necesidades de potencia nominal sin infradimensionar o sobredimensionar en exceso las instalaciones. Es necesario aclarar que se optó por modelos de inversor string ya que no había disponibilidad de envío de inversores centrales Huawei a Jamaica para las fechas de construcción previstas por el cliente.

Jamalco

En el caso de Jamalco igual que en las otras plantas se repartirán los inversores string uniformemente por la instalación. Se utilizarán un total de 44 inversores en la planta, de la marca Huawei modelo SUN2000-185KTL-H1 de 175 kW de potencia, preparados para trabajar en tensiones de hasta 1.500 V en el lado de Corriente Continua. La planta contará con una potencia nominal total de 7.700 kWn.

El inversor opera automáticamente y controla el arranque y parada del mismo. Estos inversores cuentan con 9 seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) funcionando cada uno de ellos con dos strings. Para minimizar las pérdidas durante el proceso de inversión, usa tecnología de conmutación mediante transistores bipolares de puerta aislada (IGBT's).

El inversor está diseñado acorde con la normativa europea, cumple por lo tanto todos los requisitos CE, así como la normativa aplicable y está certificado por TÜV Rheinland.

El aislamiento galvánico se realizará mediante el correspondiente transformador de 4 MVA 13,8/0,48 kV (se conectarán 22 inversores a cada transformador). Dicho transformador, además de su labor de aislamiento, servirá de interconexión con la red de Media Tensión de la Planta Fotovoltaica.



Figura 6 Inversor Huawei SUN2000-185KTL-H1

Las principales características del inversor se detallan a continuación:

Especificaciones técnicas

Eficiencia	
Eficiencia máxima	99.03%
Eficiencia europea	98.69%
Entrada	
Máx. voltaje de entrada	1,500 V
Máx. corriente por MPPT	26 A
Máx. corriente de cortocircuito por MPPT	40 A
Voltaje de entrada inicial	550 V
Rango de voltaje de operación de MPPT	500 V ~ 1,500 V
Voltaje nominal de entrada	1,080 V
Cantidad de entradas	18
Cantidad de MPPT	9
Salida	
Potencia nominal activa de AC	175,000 W @40°C, 168,000 W @45°C, 160,000 W @50°C
Máx. potencia aparente de AC	185,000 VA
Máx. potencia activa de AC (cosφ=1)	185,000 W
Voltaje nominal de salida	800 V, 3W + PE
Frecuencia nominal de red de AC	50 Hz / 60 Hz
Corriente de salida nominal	126.3 A @40°C, 121.3 A @45°C, 115.5 A @50°C
Máx. corriente de salida	134.9 A
Rango de factor de potencia ajustable	0.8 LG ... 0.8 LD
Máx. distorsión armónica total	< 3%
Protección	
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí
Protección anti-isla	Sí
Protección contra sobrecorriente de AC	Sí
Protección contra polaridad inversa de DC	Sí
Monitoreo de fallas en strings de sistemas fotovoltaicos	Sí
Protección contra sobrecorriente de DC	Tipo II
Protección contra sobrecorriente de AC	Tipo II
Detección de resistencia de aislamiento DC	Sí
Unidad de Monitoreo de la Corriente Residual	Sí
Comunicación	
Visualización	Indicadores LED, Bluetooth/WLAN + APP
USB	Sí
RS485	Sí
MBUS	Sí
General	
Dimensiones (L x A x F)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Peso (con soporte de montaje)	84 kg (185.2 lb.)
Temperatura de operación	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Método de enfriamiento	Refrigeración inteligente con aire
Máx. altitud de operación sin derrateo	4,000 m (13,123 ft.)
Humedad relativa	0 ~ 100%
Conector de DC	Staubli MC4 EVO2
Conector de AC	Terminal de PG resistente al agua + Conector OT/DT
Grado de protección	IP66
Topología	Sin transformador
Cumplimiento de normas (Más información disponible previa solicitud)	
Certificado	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, IEC 61727, IEC 62910, P.O. 12.3, RD 1699, RD 661, RD 413, RD 1565, RD 1663, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, ABNT NBR IEC 62116

Figura 7 Especificaciones Técnicas del Inv. Huawei SUN2000-185KTL-H1

Freetown y Linstead

En el caso de Freetown y Linstead se repartirán los inversores uniformemente por la instalación. Se utilizarán un total de 16 inversores entre las dos plantas, de la marca Huawei modelo SUN2000-60KTL-M0 de 60 kW de potencia, preparados para trabajar en tensiones de hasta 1.100 V en el lado de Corriente Continua. En la planta de Freetown, se instalarán 12 inversores string, con una potencia nominal total de 720 kWn. Mientras que en la planta de Linstead, se instalarán 4 inversores string, con una potencia nominal total de 240 kWn.

El inversor opera automáticamente y controla el arranque y parada del mismo. Estos inversores cuentan con 6 seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) funcionando cada uno de ellos con dos strings. Para minimizar las pérdidas durante el proceso de inversión, usa tecnología de conmutación mediante transistores bipolares de puerta aislada (IGBT's).

El inversor está diseñado acorde con la normativa europea, cumple por lo tanto todos los requisitos CE, así como la normativa aplicable y está certificado por TÜV Rheinland.

Las plantas de Freetown y Linstead no constan de aislamiento galvánico, ya que ambas plantas se conectan directamente, desde la salida de la Main AC Box, al cuadro de distribución de las instalaciones que van a alimentar, sin pasar por ningún centro de transformación.



Figura 8 Inversor Huawei SUN2000-60KTL-M0

Las principales características del inversor se detallan a continuación:



Smart String Inverter (SUN2000-60KTL-M0)

Technical Specifications	SUN2000-60KTL-M0
	Efficiency
Max. Efficiency	98.9% @480 V; 98.7% @380 V / 400 V
European Efficiency	98.7% @480 V; 98.5% @380 V / 400 V
	Input
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Number of Inputs	12
Number of MPP Trackers	6
	Output
Rated AC Active Power	60,000 W
Max. AC Apparent Power	66,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	66,000 W
Rated Output Voltage	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, default 3W + N + PE; 3W + PE optional in settings; 277 V / 480 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	91.2 A @380 V, 86.7 A @400 V, 72.2 A @480 V
Max. Output Current	100 A @380 V, 95.3 A @400 V, 79.4 A @480 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
	Protection
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-Islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-Polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
	Communication
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
RS485	Yes
USB	Yes
Power Line Communication (PLC)	Yes
	General
Dimensions (W x H x D)	1,075 x 555 x 300 mm (42.3 x 21.9 x 11.8 inch)
Weight (with mounting plate)	74 kg (163.1 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof PG Terminal + Terminal Clamp
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
	Standard Compliance (more available upon request)
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Code	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, VDE 4120, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11

Figura 9 Especificaciones Técnicas del Inv. Huawei SUN2000-60KTL-M0

5.1.3. CARACTERISTICAS DEL CAMPO FOTOVOLTAICO

Los generadores fotovoltaicos se han configurado de tal manera que se optimice el rendimiento del inversor (función de la potencia de entrada y la tensión en el punto de máxima potencia).

Las características eléctricas de los campos fotovoltaicos se detallan a continuación:

Jamalco

String de 30 módulos de la marca Longi Solar modelo LR4-72HPH-455M (455 Wp).

- Potencia fotovoltaica instalada 13,65 kWp.
- Corriente de cortocircuito 11,66 A.
- Corriente punto máxima potencia..... 10,92 A.
- Tensión de circuito abierto 1485 V.
- Tensión punto máxima potencia 1251 V.
- Número de módulos por serie 30 Ud.

Debido a que en la planta de Jamalco existen un total de 671 strings y 44 inversores, se conectarán como máximo 16 strings a cada inversor.

Campo fotovoltaico por inversor SUN2000-185KTL-H1 con 16 strings en conexión.

- Potencia fotovoltaica instalada 218,40 kWp.
- Corriente de cortocircuito 186,56 A.
- Corriente punto máxima potencia..... 174,72 A.
- Tensión de circuito abierto 1485 V.
- Tensión punto máxima potencia 1251 V.
- Número de módulos por serie 30 Ud.
- Número de series en paralelo..... 16 Series simples.

Campo fotovoltaico total de la planta de Jamalco.

- Número total de inversores 44.
- Potencia fotovoltaica instalada 9.159,15 kWp.
- Corriente de cortocircuito 8208,64 A.
- Corriente punto máxima potencia..... 7687,68 A.
- Tensión de circuito abierto 1485 V.
- Tensión punto máxima potencia 1251 V.
- Número de módulos por serie 30 Ud.
- Número de series en paralelo por inversor 16 Series simples.
- Número de series en paralelo totales..... 671 Series simples.

Freetown

String de 22 módulos de la marca Longi Solar modelo LR4-72HPH-455M (455 Wp).

- Potencia fotovoltaica instalada 10,01 kWp.
- Corriente de cortocircuito 11,66 A.
- Corriente punto máxima potencia..... 10,92 A.
- Tensión de circuito abierto 1089 V.
- Tensión punto máxima potencia 917,4 V.

- Número de módulos por serie 22 Ud.

Debido a que en la planta de Freetown existen un total de 107 strings y 12 inversores, se conectarán como máximo 9 strings a cada inversor.

Campo fotovoltaico por inversor SUN2000-60KTL-M0 con 9 strings en conexión.

- Potencia fotovoltaica instalada 90,09 kWp.
- Corriente de cortocircuito 104,94 A.
- Corriente punto máxima potencia..... 98,28 A.
- Tensión de circuito abierto 1089 V.
- Tensión punto máxima potencia 917,4 V.
- Número de módulos por serie 22 Ud.
- Número de series en paralelo..... 9 Series simples.

Campo fotovoltaico total de la planta de Freetown.

- Número total de inversores 12.
- Potencia fotovoltaica instalada 1.071,07 kWp.
- Corriente de cortocircuito 1259,28 A.
- Corriente punto máxima potencia..... 1179,36 A.
- Tensión de circuito abierto 1089 V.
- Tensión punto máxima potencia 917,4 V.
- Número de módulos por serie 22 Ud.
- Número de series en paralelo por inversor 9 Series simples.
- Número de series en paralelo totales..... 107 Series simples.

Linstead

String de 22 módulos de la marca Longi Solar modelo LR4-72HPH-455M (455 Wp).

- Potencia fotovoltaica instalada 10,01 kWp.
- Corriente de cortocircuito 11,66 A.
- Corriente punto máxima potencia..... 10,92 A.
- Tensión de circuito abierto 1089 V.
- Tensión punto máxima potencia 917,4 V.
- Número de módulos por serie 22 Ud.

Debido a que en la planta de Linstead existen un total de 30 strings y 4 inversores, se conectarán como máximo 8 strings a cada inversor.

Campo fotovoltaico por inversor SUN2000-60KTL-M0 con 8 strings en conexión.

- Potencia fotovoltaica instalada 80,08 kWp.
- Corriente de cortocircuito 93,28 A.
- Corriente punto máxima potencia..... 87,36 A.
- Tensión de circuito abierto 1089 V.
- Tensión punto máxima potencia 917,4 V.
- Número de módulos por serie 22 Ud.
- Número de series en paralelo..... 8 Series simples.

Campo fotovoltaico total de la planta de Linstead.

- Número total de inversores 4.
- Potencia fotovoltaica instalada 300,30 kWp.
- Corriente de cortocircuito 373,12 A.
- Corriente punto máxima potencia..... 349,44 A.
- Tensión de circuito abierto 1089 V.
- Tensión punto máxima potencia 917,4 V.
- Número de módulos por serie 22 Ud.
- Número de series en paralelo por inversor 8 Series simples.
- Número de series en paralelo totales..... 30 Series simples.

5.1.4. ESTRUCTURA DE SOPORTE

La estructura metálica sobre la que se situarán los módulos fotovoltaicos se establece para sostener dos módulos en vertical (estructura 2V). La utilización de una adecuada estructura facilita las labores de instalación y mantenimiento, minimiza la longitud del cableado, evita problemas de corrosión y mejora la estética de la planta en su conjunto.

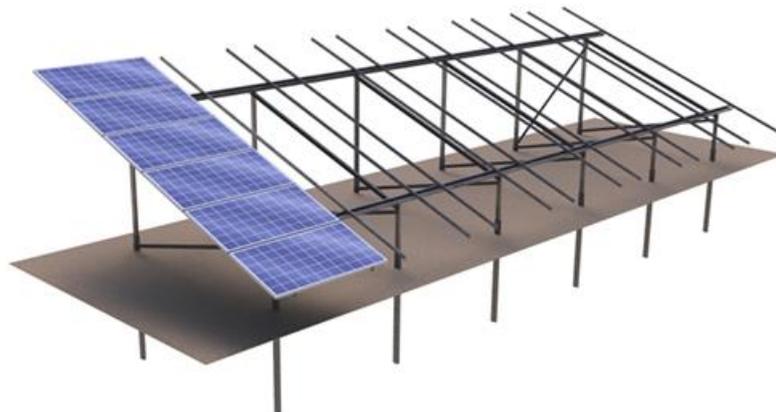


Figura 10 Rack de Montaje de los Módulos Fotovoltaicos

La estructura elegida será de acero galvanizado en caliente, material resistente a la corrosión y con un buen compromiso calidad-precio (más resistente que el acero inoxidable y más barato).

Debe soportar vientos de 100 a 120 km/h, situará a los módulos a una altura de 0.5 m del suelo, debe estar eléctricamente unida a una toma de tierra, y asegurará un buen contacto eléctrico entre el marco del módulo y la tierra para permitir la protección de las personas frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador.

5.1.5. CABLEADO DE BAJA TENSION

La sección del cable empleado será la suficiente para asegurar que las pérdidas por caída de tensión en cables y cajas de conexión sean inferiores al 1,0 % en el tramo de corriente continua CC y al 2,0% en el tramo corriente alterna.

Con objeto de optimizar la eficiencia energética y garantizar la absoluta seguridad del personal, en la instalación se tendrán en cuenta los siguientes aspectos adicionales:

- Todos los equipos situados a la intemperie tendrán un grado de protección mínimo IP54 y los de interior IP32.
- Todos los conductores tendrán la sección necesaria para asegurar que las pérdidas de tensión en cables y cajas de conexión sean lo más bajas posibles, en cualquier condición de operación.
- Todos los cables serán adecuados para uso en intemperie, al aire o enterrados, de acuerdo con la norma UNE 21123.
- Los cables estarán dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador. No serán propagadores de incendios, produciendo, en todo caso, emisiones de humos y opacidad reducidos, según las normas UNE 21123.
- Su longitud será la necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos disponibles, evitando la posibilidad de enganches por el tránsito normal de las personas o vehículos.

5.1.5.1. CABLEADO ENTRE MÓDULOS (CORRIENTE CONTINUA)

Se utilizará cable de cobre flexible unipolar, con aislamiento de XPLE y cubierta de PVC o similar.

La función del cableado entre módulos es interconectar todos los módulos que conforman un string. Se interconectarán 22 o 30 módulos por cada string, dependiendo de la planta fotovoltaica. Para este cableado se empleará el conector rápido MC4 que llevan incorporado, de longitud 1.100 mm y entre 6 y 10 mm² de sección.

5.1.5.2. CABLEADO FINAL DE LA RAMA AL INVERSOR (CORRIENTE CONTINUA)

Este conecta el final del string, tanto en su lado positivo como en su lado negativo con el inversor.

Se empleará para este tramo cable solar de cobre, de la marca PRYSMIAN modelo TECSUN (PV) H1Z2Z2-K o similar de 4 mm² de sección. Estos cables están diseñados específicamente para utilización en instalaciones fotovoltaicas que funcionan con tensiones de 1.100 V y 1.500 V.

5.1.5.3. CABLEADO DEL INVERSOR A LA MAIN AC BOX (CORRIENTE ALTERNA)

Se interconecta en este tramo la salida de los inversores con los cuadros de agrupación de segundo nivel (Main AC Box). Se emplearán cables de aluminio, modelo HARMOHNY ALL GROUND XZ1 (S) Al de la marca GENERAL CABLE o similar, utilizándose secciones de 240 mm² para cada una de las tres fases.

5.1.5.4. CABLEADO DE LA MAIN AC BOX AL TRANSFORMADOR (CORRIENTE ALTERNA)

Este tramo corresponde a la conexión entre los cuadros de agrupación de segundo nivel (Main AC Box) y los transformadores que elevarán la tensión de 480 V a 13.8 kV. Se emplearán cables de aluminio, modelo HARMOHNY ALL GROUND XZ1 (S) Al de la marca GENERAL CABLE o similar, utilizándose secciones de 240 mm² con cuatro cables por cada fase (4x3x240 mm²).

5.1.5.5. MÉTODO DE INSTALACIÓN DEL CABLEADO DE BAJA TENSIÓN

Para todo el cableado de baja tensión se empleará como método de instalación soportes tipo ancho. Esta solución consiste en disponer de distintos cables tensores de acero fijados en sus puntos extremos a la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos. Sobre estos cables se colocan cada cierta distancia, los soportes tipo gancho sobre los que discurre el cableado de baja tensión de la instalación. El cableado queda protegido frente a los efectos de los rayos UV al discurrir en todo momento ubicarse bajo los módulos fotovoltaicos.

Este método de instalación presenta tres ventajas fundamentales. La sencillez de la instalación, la mayor disipación de calor del cableado y la menor intromisión de la instalación en el terreno original.

5.1.6. CANALIZACIONES PARA EL CABLEADO DE BAJA TENSION

5.1.6.1. TRAZADO ENTRE MÓDULOS E INVERSOR

Teniendo en cuenta que las instalaciones a la intemperie deberán cumplir la ITC-BT 030 del REBT 2002 en cuanto a instalaciones en locales mojados, las canalizaciones empleadas desde los paneles hasta el inversor discurrirán en la medida de lo posible por la propia estructura de sujeción de los módulos. Para los tramos que esto no sea posible el cable discurrirá enterrado bajo tubo corrugado HDPE de 63mm de diámetro.

5.1.6.2. TRAZADO ENTRE INVERSOR, MAIN AC BOX Y TRANSFORMADOR

El cable empleado en estos tramos es el HARMOHNY ALL GROUND XZ1 (S) Al con secciones máximas de 3x240 mm² y 3x300 mm², en los casos más desfavorables, diseñado específicamente para enterrarlo directamente sin necesidad de tubo ni de una preparación específica del terreno. Por ello a lo largo de estos tramos el cable se colocará enterrado directamente.

5.1.7. CUADROS Y SISTEMA DE MONITORIZACION

Se instalarán en primer lugar los inversores a la Main AC Box, cuya misión es agrupar todas las líneas procedentes de los inversores string, previamente agrupados por pares en AC Boxes. A su vez esta Main AC Box irá conectada justo antes de la entrada al centro de transformación.

Los inversores string propuestos disponen de vía PLC con el equipo Smart ACU de Huawei. Este permite la monitorización de los inversores de la planta a través de una plataforma web garantizando un control remoto de las condiciones de operación de la misma.

5.1.8. PROTECCIONES EN BAJA TENSION

El sistema de protecciones cumplirá con lo especificado en el REBT con el objetivo de garantizar la seguridad tanto de las personas como de los equipos que conforman la instalación. El sistema deberá contar, como mínimo, con las siguientes medidas de protección:

5.1.8.1. PROTECCIONES INCLUIDAS EN EL INVERSOR

Los inversores deberán estar preparados para no mantener la tensión en la línea de distribución en el caso de funcionamiento en isla, lo que deberá estar certificado por el fabricante del inversor o por el laboratorio de certificación pertinente.

- Protección contra sobretensiones: el inversor incorpora descargadores de sobretensión tanto para el lado de continua como para el de alterna.
- Protección frente a posibles derivaciones: el inversor incluye un vigilante de aislamiento con una sensibilidad de 30 mA y un tiempo de disparo inferior a 0.3s.
- Detección de corrientes residuales: garantizando así que, al producirse un defecto, no circulen corrientes inversas hacia los strings.
- Protecciones voltimétricas de la conexión: desconectándose en caso de que la tensión se encuentre fuera de los parámetros requeridos por la red (VRT).
- Protecciones frecuenciométricas de la conexión: desconectándose en caso de que la frecuencia se encuentre fuera de los parámetros requeridos por la red (FRT).
- Protecciones frente al funcionamiento en isla.

5.1.8.2. PROTECCIONES INCLUIDAS EN LA MAIN AC BOX

- Interruptores magnetotérmicos: se colocará uno por cada rama que conecta un inversor con el Main AC Box. El ajuste de los parámetros que garantizan la protección frente a cortocircuitos y sobrecargas se fijarán una vez realizado el ensayo de selectividad, garantizándose en todo caso el cumplimiento de la normativa.
- Seccionador manual: se instalará un elemento de corte manual por cada cuadro Main AC Box.

5.1.9. SISTEMA DE TRANSFORMACION

Ambos Centros de Transformación 0,48/13,8 kV dispuestos por la planta fotovoltaica de Jamalco (Freetown y Linstead no cuentan con Centros de Transformación), elevarán la tensión para permitir la recolección de potencia por medio de una red interna subterránea de una línea de 13,8 kV.

Cada Centro de Transformación, contará con un transformador de tipo exterior, y un centro de seccionamiento y protección con celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE 20099.

Cada centro incorporará dos celdas de línea y una celda de protección del transformador (disyuntor).

5.1.9.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSFORMADORES

Los transformadores tendrán una potencia de 4 MVA, y las siguientes características:

- Potencia 4.000 kVA
- Tipo Sumergido en aceite
- Conexión DYn11
- Frecuencia..... 50 Hz
- Tensión nominal del primario..... 13,8 kV
- Tensión de aislamiento primario (kV)..... 24 kV
- Regulación de Alto Voltaje.....0, ±2,5, ±5%
- Tensión nominal secundaria 0,48 kV
- Nivel de aislamiento secundario (kV) 2,4 kV
- Impedancia de ccto. AT/BT4~7%

- Perdidas en vacío<0,2%
- Perdidas en carga.....<1,2%
- Protecciones DGPT2

Ambos transformadores se ubicarán sobre una losa de hormigón armado instalada sobre una excavación en el terreno.

Se dispondrá de una cuba de recogida de aceite en el caso de que el fabricante no pueda garantizar que la composición del aceite de refrigeración sea 100% biodegradable.

5.1.9.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS CENTROS DE SECCIONAMIENTO Y PROTECCIÓN

Se dispondrá de una caseta prefabricada de hormigón que contendrá las celdas de maniobra por cada transformador, cada caseta contará con las celdas de protección y control necesarias para llevar a cabo las operaciones explotación y mantenimiento de media tensión de la planta. En general todas las casetas contarán con dos celdas de línea, una celda con interruptor magnetotérmico y un elemento de corte en carga manual, excepto los edificios finales de línea que tan solo albergarán una celda de línea y una con interruptor magnetotérmico.

El relé de protección se configurarán en el rango de 50 a 100 A, teniendo en cuenta las corrientes de magnetización para el ajuste del relé. El ajuste de los parámetros del interruptor

magnetotérmico que garantizan la protección frente a cortocircuitos y sobrecargas se fijarán una vez realizado el ensayo de selectividad, garantizándose en todo caso el cumplimiento de la normativa.

En resumen, se instalarán 8 casetas de hormigón prefabricadas con las celdas de línea y protección de los transformadores con las siguientes características técnicas:

- Tipo LV (1 de línea + 1 de protección disyuntor)
- Celda de Línea (V)Maniobra: Interruptor de aislamiento
- Celda de protección(V)Maniobra: Interruptor de aislamiento
- Aislamiento gas, SF6
- IP 54
- Numero de fases 3
- Frecuencia nominal..... 50 Hz
- Tensión de servicio 13.8 kV
- Tensión de aislamiento 24 kV
- Corriente nominal del embarrado: 630 A
- Corriente de ccto. admisible..... 16 kA
- Duración de corriente de ccto. 1 s

5.1.10. CABLEADO DE MEDIA TENSION

Se proyecta el uso de cables, constituidos por conductores a base de cuerda redonda compactada de hilos de aluminio según la norma UNE EN 60228 de la sección indicada anteriormente, capa semiconductor interna realizada de material conductor, aislamiento mediante polietileno reticulado (XLPE) según la norma UNE HD 620-5E-1, capa semiconductor externa de material conductor separable en frío, protección longitudinal contra el agua, pantalla

metálica realizada mediante corona de alambres de cobre y cubierta exterior de poliolefina termoplástica libre de halógenos (RHZ1-OL-H). Las tensiones nominales de los cables serán de 0.48/13.8 kV, con un nivel de aislamiento de 24 kV.

Las conexiones y los empalmes se efectuarán siguiendo métodos que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento. Las pantallas de los cables se conectarán a tierra en los dos extremos de la línea.

Las secciones de los mismos dependerán del tramo en cuestión, en cada línea la sección irá aumentando conforme se conecten más transformadores. La siguiente tabla recoge las secciones proyectadas.

5.1.11. CANALIZACIONES PARA EL CABLEADO DE MEDIA TENSION

El cable de media tensión irá en zanjas entubado, en tubos rojos de polietileno de alta densidad o polipropileno, según Norma UNE-EN 50086, comercializado en barras de 6 m de longitud y 200 mm de diámetro, con una resistencia a compresión de 450 N y una resistencia a impactos de 40 J. Se dispondrá de un tubo por cada terna de cables unipolares, más un tubo de reserva en los cruces con carretera. Se colocará un tubo verde, de características similares a los anteriores, de 125 mm de diámetro, para comunicaciones, si se precisa, conforme con la Norma UNE-EN 50086-2-4. Las uniones entre tubos se realizarán mediante manguitos con junta de estanqueidad, etc., de forma que no sea posible la entrada de arena, cemento, tierra, etc., a través de la misma.

Se proyectarán cuatro tipos de zanjas atendiendo a la cantidad de líneas de M.T. que agrupen y al hecho de si existen cruces con caminos.

- Tipo 1: Una terna de conductores unipolares bajo tubo sin hormigonar. Se respetará una profundidad de 1,25 m y una anchura de 40 cm.
- Tipo 2: Una terna de conductores unipolares bajo tubo hormigonado. Se respetará una profundidad de 1,5 m y una anchura de 40 cm. Se colocará un relleno de hormigón en masa HM-20/B/20/l por el exterior de los tubos y hasta una altura de 10 cm por encima de la generatriz más alta del tubo.
- Tipo 3: Dos ternas de conductores unipolares bajo tubo sin hormigonar. Se respetará una profundidad de 1,25 m y una anchura de 60 cm colocándose dos tubos de manera que se garantice una separación entre centros de ternas de 300 mm.
- Tipo 4: Dos ternas de conductores unipolares bajo tubo hormigonado. Se respetará una profundidad de 1,5 m y una anchura de 60 cm colocándose dos tubos de manera que se garantice una separación entre centros de ternas de 300 mm. Se colocará un relleno de hormigón en masa HM-20/B/20/l por el exterior de los tubos y hasta una altura de 10 cm por encima de la generatriz más alta del tubo

5.1.12. SISTEMA CCTV

Se instalará en cada una de las plantas del proyecto un sistema de vigilancia perimetral o Circuito de Televisión Cerrado (CCTV, por sus siglas en inglés), mediante cámaras de vigilancia (térmicas y/o digitales, equipadas con emisores de luz IR mediante diodos LED), ubicadas en una envolvente apropiada de exterior (sobre el vallado perimetral de las respectivas instalaciones fotovoltaicas) para los equipos, báculos, líneas de alimentación y líneas de datos. Se conectarán

todas las unidades a un sistema de detección de intrusiones mediante video-análisis, gestionable in situ desde el edificio de monitorización o de forma remota.

El sistema de vigilancia tendrá conexión con una Central Receptora de Alarmas o CRA (ACH, por sus siglas en inglés), que recibirá automáticamente las alarmas generadas por el sistema, y enviará personal de seguridad o avisará a la policía en caso de ser necesario.

5.1.13. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

5.1.13.1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE BAJA TENSIÓN

Para las masas de baja tensión se tenderá por las zanjas cable desnudo de cobre. Este actuará como electrodo de puesta a tierra y a él se conectarán los distintos conductores de puesta a tierra.

La estructura de los módulos de cada una de las filas se unirá eléctricamente entre sí de modo que al conectarse al electrodo de puesta a tierra se asegure la equipotencialidad.

En los inversores se conectará tanto la parte de corriente continua como la de corriente alterna al electrodo de puesta a tierra que discurre por la zanja por medio de un cable aislado que descenderá desde los mismos al interior de la zanja.

Por último, se dispondrá de un sistema de tierras para las instalaciones receptoras de baja tensión distribuidas por la planta, pudiendo ser los mismos independientes entre sí, y obligatoriamente independientes de los sistemas de tierra fotovoltaicos y de media tensión.

El electrodo de cable desnudo será más que suficiente para garantizar la seguridad de las personas, coordinado con los dispositivos de protección diferencial instalados en la planta y con las máximas tensiones de contacto permisibles.

El sistema de tierras de baja tensión será independiente de la puesta a tierra de las masas de alta tensión y del neutro de los transformadores.

5.1.13.2. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE MEDIA TENSIÓN Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Las obras de puesta a tierra internas incluirán: puesta a tierra de servicio realizada con el lazo perimetral del cable de cobre y conexiones a las diferentes partes metálicas de la instalación mediante una caja de interruptores de seccionamiento.

Los circuitos tendrán bloques de terminales de desconexión a tierra para comprobar periódicamente la resistencia óhmica de la clavija de tierra y se colocarán de acuerdo con la entrada del cableado.

El sistema de puesta a tierra está diseñado de tal manera que, en el caso de una falla del sistema eléctrico, no exista tensión peligrosa potencial en ningún punto interno o externo accesible de la Estación del inversor donde las personas puedan estar en pie o circular.

El sistema de puesta a tierra debe garantizar una resistencia óhmica total inferior a 10 ohmios.

5.1.14. OBRA CIVIL

Se pasa a describir la relación de actuaciones de obra civil. Dichas actuaciones constituyen edificaciones, movimientos de tierras, cimentaciones, canalizaciones, etc.

5.1.14.1. VALLADO

Se ejecutará un vallado perimetral alrededor del perímetro de planta, cerrando todas las instalaciones pertenecientes a la planta, tales como, centro de entrega de energía, edificio de monitorización, módulos y equipos inversores y transformadores de la implantación. Junto al vallado se ejecutará una zanja para albergar las canalizaciones de las líneas de alimentación datos y fuerza necesarias para las cámaras de vigilancia. Se dispondrá de una única puerta de acceso a la planta, cuando sea posible, junto a la cual se construirá el edificio de monitorización. La valla estará constituida por pilares metálicos verticales cimentados y malla flexible metálica.

5.1.14.2. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Inicialmente se realizará el desbroce de toda la superficie de terreno afectada por la planta, y se le dará el tratamiento necesario al terreno, con el objeto de mantener las condiciones necesarias para el normal desarrollo de la operación de la planta, así mismo se realizarán todos los movimientos de tierra que fuesen necesarios, desmontes y/o terraplenados tratando de establecer un balance neutro, para mantener la pendiente del terreno por debajo de los valores admisibles, requeridos por las instalaciones fotovoltaicas. Todos estos trabajos se realizarán con la maquinaria de movimiento de tierras adecuado y siempre en función de las necesidades de la planta. Finalizados los trabajos de acondicionamiento del terreno, éste quedará en perfectas condiciones para recibir la implantación fotovoltaica, en relación con aspectos como vegetación, pendientes y propiedades del terreno a futuro.

5.1.14.3. LOSAS EDIFICIOS PREFABRICADOS

Se realizarán todas las losas necesarias para recibir los edificios para la planta. Principalmente las losas se realizarán a la profundidad requerida en el proyecto ejecutivo siendo en este caso de 20 cm, componiéndose de hormigón con las proporciones requeridas por la resistencia necesaria. Bien sea por resistencia mecánica, bien por puesta a tierra de los equipos de media tensión, se armarán las losas de cimentación con varilla de acero electrosoldada, con un tamaño de cuadrícula de 30 x 30 cm y un diámetro de 4 mm. Ejecutadas las losas de cimentación, éstas serán perfectamente aptas para recibir los edificios conteniendo los equipos para las cuales han sido ejecutadas, garantizando la estabilidad y resistencia durante el tiempo de vida útil establecido para la planta.

5.1.14.4. ZANJAS

Se ejecutarán zanjas para la conducción subterránea de los conductores de la implantación y para las líneas de media tensión. Así mismo se emplearán zanjas para la conducción de las líneas auxiliares de alimentación de las partes receptoras de la instalación, así como para las líneas de alimentación y datos de las cámaras de vigilancia. Las secciones, material de limpieza y relleno de las zanjas, se definirán en el proyecto ejecutivo de la planta, siendo en todo caso apropiadas para los elementos conductores a los que van a servir. Finalizada la ejecución, las zanjas quedarán en perfecto estado para la conducción de las líneas para las que han sido diseñadas,

en cuanto a material de relleno y terminaciones. En todo caso se ejecutarán conforme a normas nacionales e internacionales aplicables.

5.1.14.5. VIALES

Se ejecutarán viales de grava para el acceso de camiones durante la obra. Concretamente se ejecutarán viales desde el acceso hasta los edificios de seccionamiento, pasando los mismos por las zonas de acopio de materiales dispuestas. Estos viales serán aptos en dimensiones y resistencia a los vehículos para los que deben ejecutarse. En concreto soportarán las cargas de camiones con material, y permitirán la circulación en un sentido con espacio suficiente para las maniobras previstas.

Finalizadas las construcciones de los parques fotovoltaicos, parte de estos viales serán acondicionados como viales definitivos que permitirán el acceso y la circulación dentro de la instalación del personal de mantenimiento.

5.1.14.6. EDIFICIO MONITORIZACIÓN

Edificio destinado a albergar todo el material de repuesto y herramienta para llevar el mantenimiento de la planta, así como de los equipos más sensibles a las inclemencias meteorológicas. El edificio dispondrá de dos zonas diferenciadas, una sala donde se albergará la herramienta y utillaje empleado en el mantenimiento de la planta y el material de repuesto necesario para la normal operación de la planta y una segunda zona para monitorización.

6. CALCULOS JUSTIFICATIVOS

6.1. DIMENSIONADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

La elección del factor de dimensionado viene determinada, principalmente por las características de la irradiancia y la temperatura de la ubicación, la disposición de los módulos y las características de los equipos empleados. Para seleccionar el factor de dimensionado que optimiza la captación de energía en relación a los metros cuadrados de captación instalados, se han considerado las características eléctricas de entrada del inversor seleccionado, así como las posibles pérdidas de energía que pueden aparecer en el tramo comprendido entre el generador fotovoltaico y el inversor (temperatura de operación, sombreados parciales, suciedad de los paneles, dispersión de parámetros, efecto Joule en el cableado de Corriente Continua, entre otros).

Las principales características eléctricas del módulo Longi LR4-72HPH-455M son:

- Potencia Nominal (P_{MPP})455 Wp.
- Tolerancia Potencia Nominal0~+5W.
- Tensión en el Punto de Máxima Potencia (V_{MPP}) 41,7 V.
- Intensidad en el Punto de Máxima Potencia (I_{MPP}) 10,92 A.
- Tensión en Circuito Abierto (V_{OC}) 49,5 V.
- Intensidad de Cortocircuito (I_{SC}) 11,66 A.
- Coef. de Temperatura del Punto de Máxima Potencia -0,350%/°C.
- Coef. de Temperatura de la Tensión de Circuito Abierto -0,270%/°C.
- Coef. de Temperatura de la Corriente de Cortocircuito +0,048%/°C.
- Máxima Tensión del Sistema 1.500V_{DC}.

Dichas características están referidas a las condiciones estándar de medida (CEM o STC, por sus siglas en inglés):

- Temperatura de la Célula25°C.
- Radiación 1.000 W/m².
- Espectro.....AM 1,5.

Las dimensiones de los módulos fotovoltaicos son las siguientes:

- Longitud 2.094 mm.
- Anchura 1.038 mm.
- Espesor 35 mm.
- Peso23,5 kg.

Las características del inversor Huawei SUN2000-60KTL-M0 son:

- Rango de Tensión MPPT 200 – 1.000 V.
- Máxima Tensión de Entrada 1.100 V.
- Máxima Corriente de Salida 79,4 A.

Las características del inversor Huawei SUN2000-185KTL-H1 son:

- Rango de Tensión MPPT 500 – 1.500 V.
- Máxima Tensión de Entrada 1.500 V.
- Máxima Corriente de Salida 134,9 A.

El número de módulos por string se define teniendo en cuenta las especificaciones técnicas del módulo (tensión en vacío) e inversor (tensión máxima de trabajo) aplicando un coeficiente de corrección por temperatura. También es posible realizar un cálculo más preciso teniendo en cuenta las condiciones TONC del módulo, en lugar de las STC, y aplicando además del coeficiente de corrección por temperatura una corrección por el efecto del viento.

Para este proyecto se han definido 30 módulos por string en la planta de Jamalco, y 22 módulos por string en las plantas de Freetown y Linstead. En los siguientes apartados se comprobará que los enseriados seleccionados cumplan con los criterios de caída de tensión e intensidad máxima admisible.

Una vez definido el número de módulos por string, basta con dividir el total de paneles del sistema por dicho valor para obtener el total de strings de la planta fotovoltaica, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ Strings} = \frac{N^{\circ} \text{ Paneles}}{N^{\circ} \text{ Paneles/String}} = \frac{Pot_{pico}/Pot_{panel}}{N^{\circ} \text{ Paneles/String}}$$

Obteniendo un total de 671 strings de 30 módulos en la planta de Jamalco, 107 strings de 22 módulos en la planta de Freetown y 30 strings de 22 módulos en la planta de Linstead.

Los strings se reparten de la manera más equitativa posible entre el total de inversores, teniendo en cuenta que el número máximo de entradas del inversor (18 en el caso del inversor SUN2000-185KTL-H1 y 12 en el delSUN200-60KTL-M0), para asegurarse de que estos estén lo más

equilibrados posible. Se puede comprobar que el número de strings por inversor esta optimizado en los siguientes apartados del presente documento.

El número total de inversores se define de manera que el ratio DC/AC o de sobredimensionado de la planta no esté excesivamente sobredimensionado o infradimensionado para ello se suele buscar un valor de ratio aproximado al 1,20 e inferior a 1,50. Dicho ratio se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ratio} \frac{DC}{AC} = \frac{Pot\ Pico\ Inst}{Pot\ Nom\ Inst} = \frac{Pot\ Panel\ (DC) * N^{\circ}\ Paneles}{Pot\ Inversor\ (AC) * N^{\circ}\ Inversores}$$

Obteniendo un ratio DC/AC de 1,19 en la planta de Jamalco con un total de 44 inversores SUN200-185KTL-H1, de 1,49 en la planta de Freetown con un total de 12 inversores SUN2000-60KTL-M0 y de 1,25 en la planta de Linstead con un total de 4 inversores SUN2000-60KTL-M0.

6.1.1. COMPROBACION DE LA CAIDA DE TENSION

Comprobaremos aquí que la mínima tensión que puede darse en el campo fotovoltaico es mayor que la mínima tensión de entrada del inversor al que se conecta. La siguiente expresión permite calcular esta tensión mínima empleando el coeficiente de corrección de la tensión en función de la temperatura del módulo empleado, -0,35%/°C.

La ecuación que determina la tensión mínima de entrada del inversor dependiendo de la temperatura es:

$$V_{Min} = \frac{N^{\circ}\ Mod}{String} * V_{MPP} + \left(\frac{Coef.\ Temp_{MPP}}{100} * V_{MPP} * \frac{N^{\circ}\ Mod}{String} * (Temp_{Max} - 25) \right)$$

Sustituyendo se obtiene en el caso de:

Jamalco

$$V_{Min} = 30 * 41,7 + \left(\frac{-0,35}{100} * 41,7 * 30 * (85 - 25) \right) = 988,29\ V$$

Freetown y Linstead

$$V_{Min} = 22 * 41,7 + \left(\frac{-0,35}{100} * 41,7 * 22 * (85 - 25) \right) = 724,75\ V$$

Como se puede comprobar, en el caso de que la temperatura de la célula sea de 85 °C (temperatura máxima de funcionamiento del módulo), la tensión al final del string será mayor que la mínima de entrada del inversor.

Comprobación de que 988,29 V > 500 V (Inversor Huawei SUN2000-185KTL-H1).

Comprobación de que 724,75 V > 200 V (Inversor Huawei SUN2000-60KTL-M0).

La ecuación que determina la tensión máxima de entrada del inversor dependiendo de la temperatura es:

$$V_{Max} = \frac{N^{\circ} Mod}{String} * V_{OC} + \left(\frac{Coef. Temp \cdot v_{OC}}{100} * V_{OC} * \frac{N^{\circ} Mod}{String} * (Temp_{Min} - 25) \right)$$

Sustituyendo se obtiene en el caso de:

Jamalco

$$V_{Max} = 30 * 49,5 + \left(\frac{-0,27}{100} * 49,5 * 30 * ((-10) - 25) \right) = 1.625,33 V$$

Freetown y Linstead

$$V_{Max} = 22 * 49,5 + \left(\frac{-0,27}{100} * 49,5 * 22 * ((-10) - 25) \right) = 1.191,91 V$$

Como se puede comprobar, en el caso de que la temperatura de la célula sea de -10 °C (temperatura mínima de funcionamiento del módulo), la tensión al final del string no es menor que la máxima de entrada del inversor.

Comprobación de que 1.625,33 V > 1.500 V (Inversor Huawei SUN2000-185KTL-H1).

Comprobación de que 1.191,91 V > 1.100 V (Inversor Huawei SUN2000-60KTL-M0).

En este caso pasa se procede a realizar un cálculo más preciso para comprobar si efectivamente este diseño es válido o hay que reducir el número de módulos por string en ambos casos. Para ello, se empleará la siguiente formula, muy similar a la anterior:

$$V_{Max} = \frac{N^{\circ} Mod}{String} * V_{OC A} + \left(\frac{Coef. Temp \cdot v_{OC}}{100} * V_{OC} * \frac{N^{\circ} Mod}{String} * (Temp_{Cel TONC} - 25) \right)$$

Donde $Temp_{Cel NOCT}$ es la temperatura de la célula en condiciones TONC (Temperatura de Operación Nominal de la Célula, es la temperatura que alcanzan las células solares cuando se someten a una irradiancia de 800W/m² con distribución espectral AM de 1,5 G a temperatura ambiente de 20 °C y velocidad del viento de 1 m/s) corregido por efecto del viento, siguiendo la siguiente ecuación:

$$Temp_{Cel TONC} = Temp_{Amb} + I_G * \frac{(TONC_{Corr} - 20)}{800}$$

Donde $TONC_{Corr}$ es la TONC corregida en función del viento, obtenida tras establecer la relación de correlación entre la TONC y la velocidad del viento como se muestra a continuación:

Tabla 2 Correlacion entre la TONC y la velocidad del viento

TONC (°C)	Vel. Viento (m/s)
X	Y
35	20
38	11
41	8
44	4,5
45	3,5
$y = 6796e^{-0,167x}$	

A su vez, $V_{OC A}$ es la tensión en vacío en función de la irradiación, obtenida tras establecer la relación de correlación entre la irradiancia y tensión en vacío como se muestra a continuación:

Tabla 3 Correlación entre la Irradiancia y la Tensión en Vacío

GlobInc (W/m²)	Voc 25°C (V)
X	Y
1000	49,50
800	49,10
600	48,60
400	47,80
200	46,60
$y = 1,8122\ln(x) + 36,983$	

A partir de estos cálculos aplicando la base de datos meteorológicos obtenida de PVsyst, con una velocidad del viento de 10 m/s (velocidad media anual del viento en Jamaica) se obtienen los siguientes resultados:

$$V_{Max} = 1.410,17 \text{ V} < 1.500 \text{ V (Inversor Huawei SUN2000-185KTL-H1)}.$$

$$V_{Max} = 987,12 \text{ V} < 1.000 \text{ V (Inversor Huawei SUN2000-60KTL-H1)}.$$

Por lo tanto se puede concluir que el número de módulos por string está en ambos casos optimizado.

6.1.2. COMPROBACION DE LA INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE

Comprobaremos aquí que la máxima intensidad que puede darse en el campo fotovoltaico es en cualquier caso menor que la máxima intensidad soportada por el inversor a la entrada. Tendremos en cuenta que el coeficiente de temperatura de la corriente en cortocircuito es de 0,048 %/°C.

La ecuación que determina la intensidad máxima de entrada del inversor dependiendo de la temperatura es:

$$I_{Max} = \frac{N^{\circ} \text{ String}}{\text{Inversor}} * I_{SC} + \left(\frac{\text{Coef. Temp. } I_{SC}}{100} * I_{SC} * \frac{N^{\circ} \text{ String}}{\text{Inversor}} * (\text{Temp. Max} - 25) \right)$$

Sustituyendo se obtiene en el caso de:

Jamalco

$$I_{Max} = 16 * 11,66 + \left(\frac{0,048}{100} * 11,66 * 16 * (85 - 25) \right) = 191,93 A$$

Comprobación de que 191,93 A < 360 A (Inversor Huawei SUN2000-185KTL-H1).

Freetown

$$I_{Max} = 9 * 11,66 + \left(\frac{0,048}{100} * 11,66 * 9 * (85 - 25) \right) = 107,96 A$$

Comprobación de que 107,96 A < 180 A (Inversor Huawei SUN2000-60KTL-M0).

Linstead

$$I_{Max} = 8 * 11,66 + \left(\frac{0,048}{100} * 11,66 * 8 * (85 - 25) \right) = 95,97 A$$

Comprobación de que 95,97 A < 180 A (Inversor Huawei SUN2000-60KTL-M0).

Como se puede comprobar, en el caso de que la temperatura de la célula sea de 85 °C (temperatura máxima de funcionamiento del módulo), la intensidad a la entrada del inversor será menor que el valor de intensidad máxima admisible.

6.2. SELECCIÓN DE LAS SECCIONES DEL CABLEADO

La instalación, en cualquiera de las propuestas, cumple con todas las consideraciones técnicas expuestas en el Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, así como con el REBT.

La elección de la sección del cableado se ha basado en la aplicación de dos criterios:

- Criterio Térmico.
- Criterio de Caída de Tensión.

Ambos casos se fundamentan en el Efecto Joule, de modo que la emisión de calor debe quedar siempre por debajo de la soportada por el cable. Se adoptará, en cada situación, la sección mayor de entre las obtenidas mediante los dos métodos citados.

A continuación, se justificará la sección y la caída de tensión para cada tramo.

Para la caída de tensión máxima en el tramo de CA los límites se establecen en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Adoptando para las caídas de tensión máximas los valores recomendados por el IDAE, un 1,5% para el tramo de Corriente Continua y un 2% para el de Corriente Alterna en BT según ITC-BT 40 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y 0,5% para el de Corriente Alterna en MT según los criterios del reglamento de líneas de AT.

El cálculo de las secciones de cableado se hará a partir del caso más desfavorable en cada uno de los tramos, que corresponde con el de mayor longitud.

6.2.1. CRITERIOS EMPLEADOS

6.2.1.1. CRITERIO TERMICO

El criterio térmico o de intensidad máxima admisible se aplica para el cálculo por calentamiento tal y como se indica en la norma UNE_HD 60364-5-52:2014 Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión y su modificación del 2018. La intensidad máxima que debe circular por un cable para que este no se deteriore viene marcada por las tablas B.52.2. – B.52.13. de dicha norma UNE. Y en función de del método de instalación adoptado de la tabla A.52.3., se determina el método de referencia según la tabla B.52.1., el cual en función del tipo de cable indicara la tabla de intensidades máximas que se ha de emplear.

La intensidad máxima admisible se ve afectada por una serie de factores como son la temperatura ambiente, la resistividad del terreno, la agrupación de los cables entre otros. Dichos factores, se pueden obtener a partir de las tablas B.52.14. y B.52.15. en el caso del factor de corrección por temperatura ambiente; la tabla B.52.16. para el factor de corrección por resistividad del terreno, para instalaciones soterradas (En el caso de instalaciones expuestas al sol o de cables con aislamiento mineral, desnudo y accesible, se aplica un factor de corrección de 0,9); y desde la tabla B.52.17. a la B.52.19B. para el factor de corrección por agrupamiento de cables.

Para calcular la sección del cableado, se divide la intensidad de diseño por el producto de todos los factores de corrección aplicados, y se busca en la tabla la sección correspondiente para el valor resultante obtenido. Para determinar la intensidad máxima admisible del cable, se busca en la misma tabla la intensidad para la sección adoptada, y se multiplica por el producto de los factores de corrección aplicados anteriormente.

En la misma Norma UNE también se incluyen métodos de obtención simplificada de las intensidades máxima admisibles desde la tabla C.52.1 a la C.52.2 bis.

Consecuentemente, la sección de cableado escogida aplicando el criterio térmico ha de cumplir la siguiente condición:

$$I_b < I_{Max Ad}$$

Donde:

I_b : Corriente de diseño del circuito correspondiente (A).

$I_{Max Ad}$: Intensidad Máxima Admisible (A)

En conclusión, se trata de escoger una sección de cableado en la que el paso de la intensidad máxima calculada no eleve la temperatura por encima del límite establecido del aislamiento del cable. Dichas temperaturas límite de funcionamiento del aislamiento vienen definidas en la tabla 52.1. de la ya mencionada norma UNE.

Tabla 4 Temperaturas Máximas Admisibles de Funcionamiento para Tipos de Aislamiento

Tipo de aislamiento	Límite de temperatura ^{a,d} °C
Termoplástico (PVC)	70 en el conductor
Termoestable (XLPE o goma EPR)	90 en el conductor ^b
Mineral (con cubierta termoplástica (PVC) o desnudo y expuesto al contacto)	70 en la cubierta
Mineral (desnudo, no expuesto al contacto y no en contacto con materiales combustibles)	105 en la cubierta ^{b, c}

6.2.1.2. CRITERIO DE CAIDA DE TENSION

Este método consiste en la obtención de la sección mínima de cableado que respete los límites de caída de tensión impuestos por la normativa vigente. Tal y como se ha mencionado anteriormente, la máxima caída de tensión en Corriente Alterna es del 2%. La distribución de dicha caída en los diferentes tramos de cableado se realiza según el criterio del proyectista atendiendo la tipología particular de las distintas plantas del presente proyecto.

En la siguiente tabla se muestran las ecuaciones empleadas para obtener los resultados deseados:

Tabla 5: Ecuaciones Empleadas para el Cálculo de la Caída de Tensión.

Distribución Monofásica (CC)	Distribución Trifásica (CA)
$\Delta U = 2 * (R * I_b * \cos \varphi + X * I_b * \sin \varphi)$	$\Delta U = \sqrt{3} * (R * I_b * \cos \varphi + X * I_b * \sin \varphi)$
$R = \frac{c * L}{K * S}$; $X = 10^{-3} * \frac{X_u}{n} * L$; $I_b = \frac{P}{U * \cos \varphi}$	$R = \frac{c * L}{K * S}$; $X = 10^{-3} * \frac{X_u}{n} * L$; $I_b = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi}$
$S = \frac{2 * c * L * P}{K * (\Delta U - 2 * 10^{-3} * \frac{X_u}{n} * L * \frac{P * \tan \varphi}{U}) * U}$	$S = \frac{c * L * P}{K * (\Delta U - 10^{-3} * \frac{X_u}{n} * L * \frac{P * \tan \varphi}{U}) * U}$
$Si c = 1 y X_u = 0 \rightarrow S = \frac{2 * P * L}{K * \Delta U * U}$	$Si c = 1 y X_u = 0 \rightarrow S = \frac{P * L}{K * \Delta U * U}$

Donde:

- ΔU : Caída de Tensión (V).
- I_b : Corriente de diseño del circuito correspondiente (A).
- $\cos \phi$: Factor de Potencia.
- c: Factor de aumento de la resistencia en corriente alterna respecto a corriente continua debido al efecto pelicular y de proximidad ($c=1+\gamma_s+\gamma_p$).
- L: Longitud del tramo de cableado (m).
- K: Conductividad del material ($m/\Omega mm^2$).
- S: Sección del cable (mm^2).
- X_u : Reactancia unitaria (Ω/km).
- n: Número de conductores por Fase.
- P: Potencia máxima calculada (W).
- U: Tensión entre fases (V).

Para obtener la conductividad eléctrica, se emplearán los valores de la resistividad eléctrica, acorde al material del cableado, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6: Resistividades Eléctricas de los Metales Empleados en el Cableado

Material	Resistividad ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) a 20°C
a) Conductores	
Cobre	0,017241
Aluminio	0,028571
b) Cubiertas y armaduras	
Plomo y aleaciones de plomo	0,2140
Acero	0,1380
Bronce	0,0350
Acero inoxidable	0,7000
Aluminio	0,0284

6.2.1.3. CALCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

La determinación de las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas a lo largo de una instalación es fundamental para la elección del cableado. La corriente de cortocircuito máxima también se emplea para establecer el poder de corte de los interruptores automáticos. Mientras que la corriente de cortocircuito mínima permite seleccionar las curvas de disparo de los interruptores automáticos y fusibles.

Para la obtención de las distintas intensidades de cortocircuito en las instalaciones se puede optar por diversos métodos, en este proyecto se aplicará el Método de las Impedancias, el cual consiste en sumar las distintas resistencias y reactancias desde la fuente hasta el punto considerado y en calcular la impedancia equivalente.

En la siguiente tabla se muestran las ecuaciones empleadas del Método de las Impedancias:

Tabla 7 Ecuaciones Método de las Impedancias para el Cálculo de las Intensidades de Cortocircuito

Defecto Trifásico	Defecto Bifásico
$I_{cc3} = \frac{c * U}{\sqrt{3} * Z_{cc}}$	$I_{cc2} = \frac{c * U}{2 * Z_{cc}}$
Defecto Monofásico	Defecto a Tierra
$I_{cc1} = \frac{c * U}{\sqrt{3} * (Z_{cc} + Z_{LN})}$	$I_{ccT} = \frac{c * U}{\sqrt{3} * (Z_{cc} + Z_T)}$
Ecuaciones Intermedias	
$Z_{cc} = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2} ; R_{cc} = R_Q + R_{Tr} + R_L ; X_{cc} = X_Q + X_{Tr} + X_L$ $(Z_{cc} + Z_{LN}) = \sqrt{(R_{cc} + R_{LN})^2 + (X_{cc} + X_{LN})^2}$ $(Z_{cc} + Z_T) = \sqrt{(R_{cc} + R_T)^2 + (X_{cc} + X_T)^2}$	

Donde:

- I_{cc3} : Intensidad de cortocircuito, defecto trifásico (kA).
- I_{cc2} : Intensidad de cortocircuito, defecto bifásico (kA).
- I_{cc1} : Intensidad de cortocircuito, defecto monofásico Fase-Neutro (kA).
- I_{ccT} : Intensidad de cortocircuito, defecto monofásico Fase-Tierra (kA).
- c : Factor de tensión (Para I_{ccmax} , $c=1.05$ y para I_{ccmin} , $c=0.95$).
- U : Tensión entre fases (V).
- Z_{cc} , R_{cc} y X_{cc} : Impedancia, resistencia y reactancia de cortocircuito (mΩ).
- Z_{LN} , R_{LN} y X_{LN} : Impedancia, resistencia y reactancia de la línea de neutro (mΩ).
- Z_T , R_T y X_T : Impedancia, resistencia y reactancia de la línea de protección a tierra (mΩ).
- R_Q y X_Q : Resistencia y reactancia de la red (mΩ).
- R_{Tr} y X_{Tr} : Resistencia y reactancia del transformador (mΩ).
- R_L y X_L : Resistencia y reactancia de la línea o conductor (mΩ).

6.2.1.3.1. CALCULO DE LA IMPEDANCIA DE LA RED

A continuación, se detallan los cálculos necesarios para la obtención de la impedancia de la red de alimentación de la red y de la impedancia de la red (referida al lado de baja) en el caso de que el cortocircuito este alimentado por un transformador, necesarias para la obtención de las intensidades de cortocircuito del apartado anterior.

Tabla 8 Ecuaciones para el Cálculo de la Impedancia de la Red de Alimentación.

Impedancia de la Red de Alimentación
a) Conocida la intensidad máxima de cortocircuito simétrica inicial.
$Z_Q = \frac{c * U_{nQ}}{\sqrt{3} * I_{kQ}''}$
b) Conocida la potencia de cortocircuito de la red.
$Z_Q = \frac{c * U_{nQ}^2}{10^{-3} * S_{kQ}''} ; S_{kQ}'' = 10^{-3} * \sqrt{3} * U_{nQ} * I_{kQ}''$
Impedancia de la Red (Referida al lado de baja del Trafo)
a) Conocida la intensidad máxima de cortocircuito simétrica inicial.
$Z_Q' = \frac{c * U_{nQ}}{\sqrt{3} * I_{kQ}''} * \frac{1}{t_r^2} = \frac{c * U_{rT}^2}{\sqrt{3} * I_{kQ}'' * U_{nQ}} ; t_r = \frac{U_{nQ}}{U_{rT}}$
b) Conocida la potencia de cortocircuito de la red.
$Z_Q' = \frac{c * U_{nQ}^2}{10^{-3} * S_{kQ}''} * \frac{1}{t_r^2} = \frac{c * U_{rT}^2}{10^{-3} * S_{kQ}''} ; t_r = \frac{U_{nQ}}{U_{rT}}$
Relacion entre la resistencia y reactancia de la red
$R_Q = 0.1 * X_Q ; X_Q = 0.995 * R_Q$

Donde:

- Z_Q : Impedancia de la red ($m\Omega$).
- Z_Q' : Impedancia de la red referida al lado de baja del transformador ($m\Omega$).
- R_Q : Resistencia de la red de alimentación ($m\Omega$).
- X_Q : Reactancia de la red de alimentación ($m\Omega$).
- c : Factor de tensión ($c=1.05$ para calcular I_{ccmax} y $c=0.95$ para calcular I_{ccmin}).
- U_{nQ} : Tensión de la red de alimentación (V).
- U_{rT} : Tensión en el lado de baja del transformador (V).
- t_r : Tensión de relación.
- I_{kQ}'' : Intensidad máxima de cortocircuito simétrica inicial (kA).
- S_{kQ}'' : Potencia de cortocircuito de la red de alimentación (MVA).

6.2.1.3.2. CALCULO DE LA IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR

A continuación, se detallan los cálculos necesarios para la obtención de la impedancia del transformador, necesaria para la obtención de las intensidades de cortocircuito mencionadas anteriormente.

Tabla 9 Ecuaciones para el Cálculo de la Impedancia del Transformador

Impedancia del Transformador
$Z_{Tr} = \frac{u_{kr}}{100} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$
$R_{Tr} = \frac{u_{Rr}}{100} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$
$X_{Tr} = \sqrt{Z_{Tr}^2 - R_{Tr}^2}$

Donde:

- Z_T : Impedancia del transformador ($m\Omega$).
- R_T : Resistencia del transformador ($m\Omega$).
- X_T : Reactancia del transformador ($m\Omega$).
- U_{rT} : Tensión del transformador en el lado de baja (V).
- S_{rT} : Potencia aparente del transformador (kVA).
- u_{kr} : Tensión de cortocircuito del transformador (%).
- u_{Rr} : Perdidas del transformador por corriente de los devanados (%).

6.2.1.3.3. CALCULO DE LA IMPEDANCIA DE LA LINEA

A continuación, se detallan los cálculos necesarios para la obtención de la impedancia de la línea o conductor, necesaria para la obtención de las intensidades de cortocircuito mencionadas anteriormente.

Tabla 10 Ecuaciones para el Cálculo de la Impedancia de la Línea o Conductor

Impedancia de la Línea o Conductor
$R_L = 10^3 * \rho * \frac{L}{S}$ $\rho = \rho_{20} * (1 + \alpha * (T - 20))$
$X_L = x_u * L$
$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$

Donde:

- Z_L : Impedancia de la línea o conductor (mΩ).
- R_L : Resistencia de la línea o conductor (mΩ).
- X_L : Reactancia de la línea o conductor (mΩ).
- ρ : Resistividad del material del conductor (Ωmm²/m).
- ρ_{20} : Resistividad del material del conductor a 20°C (Ωmm²/m).
- L : Longitud del conductor (m).
- S : Sección del conductor (mm²).
- α : Coeficiente de variación de la resistividad con la temperatura de los Metales Utilizados (°C⁻¹).
- T : Temperatura de los conductores (T=20°C para calcular I_{ccmax} y T=145°C para calcular I_{ccmin}).
- x_u : Reactancia unitaria (mΩ/m).

Tabla 11 Coeficiente de Variación de la Resistividad con la Temperatura de los Metales Utilizados

Material	Coeficiente de Temperatura (°C ⁻¹) por K a 20°C
a) Conductores	
Cobre	0,00393
Aluminio	0,00403
b) Cubiertas y armaduras	
Plomo y aleaciones de plomo	0,00400
Acero	0,00450
Bronce	0,00300
Acero inoxidable	Despreciable
Aluminio	0,00403

Tabla 12 Resistividad Unitaria de los Metales Utilizados

Material	Reactancia Unitaria (mΩ/m)
Cobre	0,120
Aluminio	0,080

6.2.1.4. RESULTADOS DEL CALCULO DE CABLEADO

6.2.1.4.1. CABLEADO DE BAJA TENSIÓN

En las tablas de corriente continua, por motivos de espacio, se muestra unicamente el string más desfavorable en relación a su caída de tensión, por cada inversor.

Tabla 13 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Continua de Jamalco (Main AC Box 1)

Inverter	Length 6/10 mm ² (m)	Length 4mm ² (m)	Volt. Drop Section 6/10 mm ² (%)	Volt. Drop Section 4mm (%)	TOTAL VOLT. DROP (%)	Inverter-Harness Cable type	String cable type																																																																																																																																																																																						
1	90,07	0,5534	0,924%	0,004%	0,928%	4 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5534						2	58,80	0,5534	0,603%	0,004%	0,608%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	3	90,07	0,5523	0,924%	0,004%	0,928%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	4	88,19	1,1057	0,896%	0,009%	0,904%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,1057	5	69,00	0,5534	0,708%	0,004%	0,712%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	6	50,71	0,5523	0,520%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	70,89	0,5523	0,727%	0,004%	0,732%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	8	50,83	0,5523	0,522%	0,004%	0,526%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	9	80,95	0,5523	0,831%	0,004%	0,835%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33
2	58,80	0,5534	0,603%	0,004%	0,608%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5534						3	90,07	0,5523	0,924%	0,004%	0,928%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	4	88,19	1,1057	0,896%	0,009%	0,904%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,1057	5	69,00	0,5534	0,708%	0,004%	0,712%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	6	50,71	0,5523	0,520%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	70,89	0,5523	0,727%	0,004%	0,732%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	8	50,83	0,5523	0,522%	0,004%	0,526%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	9	80,95	0,5523	0,831%	0,004%	0,835%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523		
3	90,07	0,5523	0,924%	0,004%	0,928%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						4	88,19	1,1057	0,896%	0,009%	0,904%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,1057	5	69,00	0,5534	0,708%	0,004%	0,712%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	6	50,71	0,5523	0,520%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	70,89	0,5523	0,727%	0,004%	0,732%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	8	50,83	0,5523	0,522%	0,004%	0,526%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	9	80,95	0,5523	0,831%	0,004%	0,835%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523											
4	88,19	1,1057	0,896%	0,009%	0,904%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		1,1057						5	69,00	0,5534	0,708%	0,004%	0,712%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	6	50,71	0,5523	0,520%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	70,89	0,5523	0,727%	0,004%	0,732%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	8	50,83	0,5523	0,522%	0,004%	0,526%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	9	80,95	0,5523	0,831%	0,004%	0,835%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																				
5	69,00	0,5534	0,708%	0,004%	0,712%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5534						6	50,71	0,5523	0,520%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	70,89	0,5523	0,727%	0,004%	0,732%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	8	50,83	0,5523	0,522%	0,004%	0,526%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	9	80,95	0,5523	0,831%	0,004%	0,835%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																													
6	50,71	0,5523	0,520%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						7	70,89	0,5523	0,727%	0,004%	0,732%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	8	50,83	0,5523	0,522%	0,004%	0,526%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	9	80,95	0,5523	0,831%	0,004%	0,835%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																						
7	70,89	0,5523	0,727%	0,004%	0,732%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						8	50,83	0,5523	0,522%	0,004%	0,526%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	9	80,95	0,5523	0,831%	0,004%	0,835%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																															
8	50,83	0,5523	0,522%	0,004%	0,526%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						9	80,95	0,5523	0,831%	0,004%	0,835%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																								
9	80,95	0,5523	0,831%	0,004%	0,835%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																	
10	70,78	0,5523	0,726%	0,004%	0,731%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																										
11	60,87	0,5523	0,625%	0,004%	0,629%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																			
12	82,29	0,5523	0,844%	0,004%	0,849%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																												
13	88,64	0,5523	0,910%	0,004%	0,914%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																																					
14	61,61	0,5523	0,632%	0,004%	0,636%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																																														
15	129,85	0,5523	0,796%	0,004%	0,801%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ² 2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																																																							
16	69,47	0,5523	0,713%	0,004%	0,717%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5534	18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																																																																
17	51,80	0,5534	0,531%	0,004%	0,536%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5534						18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																																																																									
18	71,29	0,5523	0,732%	0,004%	0,736%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																																																																																		
19	49,31	0,5523	0,506%	0,004%	0,510%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																																																																																											
20	59,57	0,5523	0,611%	0,004%	0,616%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																																																																																																				
21	59,20	0,5523	0,607%	0,004%	0,612%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523						22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523																																																																																																																																																																													
22	59,33	0,5523	0,609%	0,004%	0,613%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																						
		0,5523																																																																																																																																																																																											

Tabla 14 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Continua de Jamalco (Main AC Box 2)

Inverter	Length 6/10 mm ² (m)	Length 4mm ² (m)	Volt. Drop Section 6/10 mm ² (%)	Volt. Drop Section 4mm (%)	TOTAL VOLT. DROP (%)	Inverter-Harness Cable type	String cable type																																																																																																																																																																																										
1	49,43	0,5534	0,507%	0,004%	0,511%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5534						2	69,69	0,5544	0,715%	0,004%	0,719%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5544	3	70,14	0,5523	0,720%	0,009%	0,728%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	4	81,38	0,5523	0,835%	0,009%	0,844%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	5	59,48	0,5523	0,610%	0,004%	0,615%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	6	90,72	0,5523	0,931%	0,004%	0,935%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	61,84	0,5544	0,635%	0,004%	0,639%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5544	8	158,31	1,2002	0,971%	0,009%	0,979%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2002	9	75,02	0,5996	0,770%	0,005%	0,774%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6038	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69
2	69,69	0,5544	0,715%	0,004%	0,719%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5544						3	70,14	0,5523	0,720%	0,009%	0,728%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	4	81,38	0,5523	0,835%	0,009%	0,844%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	5	59,48	0,5523	0,610%	0,004%	0,615%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	6	90,72	0,5523	0,931%	0,004%	0,935%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	61,84	0,5544	0,635%	0,004%	0,639%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5544	8	158,31	1,2002	0,971%	0,009%	0,979%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2002	9	75,02	0,5996	0,770%	0,005%	0,774%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6038	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006		
3	70,14	0,5523	0,720%	0,009%	0,728%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5523						4	81,38	0,5523	0,835%	0,009%	0,844%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	5	59,48	0,5523	0,610%	0,004%	0,615%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	6	90,72	0,5523	0,931%	0,004%	0,935%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	61,84	0,5544	0,635%	0,004%	0,639%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5544	8	158,31	1,2002	0,971%	0,009%	0,979%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2002	9	75,02	0,5996	0,770%	0,005%	0,774%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6038	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006											
4	81,38	0,5523	0,835%	0,009%	0,844%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5523						5	59,48	0,5523	0,610%	0,004%	0,615%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	6	90,72	0,5523	0,931%	0,004%	0,935%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	61,84	0,5544	0,635%	0,004%	0,639%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5544	8	158,31	1,2002	0,971%	0,009%	0,979%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2002	9	75,02	0,5996	0,770%	0,005%	0,774%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6038	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																				
5	59,48	0,5523	0,610%	0,004%	0,615%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5523						6	90,72	0,5523	0,931%	0,004%	0,935%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	7	61,84	0,5544	0,635%	0,004%	0,639%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5544	8	158,31	1,2002	0,971%	0,009%	0,979%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2002	9	75,02	0,5996	0,770%	0,005%	0,774%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6038	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																													
6	90,72	0,5523	0,931%	0,004%	0,935%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5523						7	61,84	0,5544	0,635%	0,004%	0,639%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5544	8	158,31	1,2002	0,971%	0,009%	0,979%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2002	9	75,02	0,5996	0,770%	0,005%	0,774%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6038	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																						
7	61,84	0,5544	0,635%	0,004%	0,639%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5544						8	158,31	1,2002	0,971%	0,009%	0,979%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2002	9	75,02	0,5996	0,770%	0,005%	0,774%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6038	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																															
8	158,31	1,2002	0,971%	0,009%	0,979%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		1,2002						9	75,02	0,5996	0,770%	0,005%	0,774%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6038	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																								
9	75,02	0,5996	0,770%	0,005%	0,774%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5996						10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6038	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																	
10	80,01	0,6038	0,821%	0,005%	0,826%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,6038				1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²		11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																											
11	61,10	0,5523	0,627%	0,004%	0,631%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5523						12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																				
12	50,80	0,5523	0,521%	0,004%	0,525%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5523						13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																													
13	58,63	0,5523	0,602%	0,004%	0,606%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5523				2 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²		14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																																							
14	84,99	0,6006	0,872%	0,005%	0,877%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,6006				1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²		15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																																																	
15	71,33	0,6006	0,732%	0,005%	0,737%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,6006						16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																																																										
16	72,05	0,5996	0,739%	0,005%	0,744%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5996						17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5996	18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																																																																			
17	75,90	0,5996	0,779%	0,005%	0,783%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,5996						18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																																																																												
18	86,72	0,6006	0,890%	0,005%	0,895%	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	16 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,6006						19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006	20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																																																																																					
19	63,21	0,6006	0,649%	0,005%	0,653%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																										
		0,6006				20		60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,5523	21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																																																																																															
20	60,65	0,5523	0,622%	0,004%	0,627%		7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²		14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																								
		0,5523				21	148,48	1,2012		0,910%	0,009%	0,919%	6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	1,2012	1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																																																																																																								
21	148,48	1,2012	0,910%	0,009%	0,919%			6 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																								
		1,2012				1 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	22	143,69		0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²	14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²	0,6006																																																																																																																																																																																	
22	143,69	0,6006	0,881%	0,005%	0,886%	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x10 mm ²			14 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²																																																																																																																																																																																								
		0,6006																																																																																																																																																																																															

Tabla 15 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Alterna de Jamalco

	AC Box	Length (m) AC Box - Main	Length (m) Inv - AC Box	Volt Drop (%)		Volt Drop Total (%)	Section (mm ²) AC Box-Main	Section (mm ²) Inv-Main	Cable (mm ²) AC Box-Main	Cable (mm ²) Inv-Main
				AC Box-Main	Inv - AC Box					
MAIN AC BOX 1	1	172	6	1,402	0,040	1,442	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	2	126	6	1,027	0,040	1,067	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	3	81	6	0,660	0,040	0,700	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	4	172	6	1,402	0,040	1,442	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	5	86	6	0,701	0,040	0,741	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	6	92	6	0,750	0,040	0,790	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
6			0,040		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu					
7	49	6	0,399	0,040	0,440	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
8	128	6	1,044	0,040	1,084	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
9	119	6	0,970	0,040	1,010	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
10	121	6	0,986	0,040	1,027	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
11	117	6	0,954	0,040	0,994	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
MAIN AC BOX 2	1	98	6	0,799	0,040	0,839	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	2	118	6	0,962	0,040	1,002	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	3	121	6	0,986	0,040	1,027	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	4	103	6	0,840	0,040	0,880	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	5	118	6	0,962	0,040	1,292	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
			6		0,330					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
	6	122	6	0,995	0,040	1,035	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
6			0,040		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu					
7	104	6	0,848	0,040	0,888	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
8	117	6	0,954	0,040	0,994	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,040					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
9	116	6	0,946	0,044	0,989	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,044					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
10	80	6	0,652	0,044	0,696	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,044					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
11	96	6	0,783	0,044	0,826	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	
		6		0,044					RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu	

Tabla 16 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Continua de Freetown

Inverter	Length 6/10 mm ² (m)	Length 4mm ² (m)	Volt. Drop Section 6/10 mm ² (%)	Volt. Drop Section 4mm (%)	TOTAL VOLT. DROP (%)	Inverter-Harness Cable type	String cable type
1	81,78	0,5996	1,144%	0,006%	1,151%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,5996					
2	62,78	0,5996	0,878%	0,006%	0,885%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,5996					
3	81,87	0,6006	1,146%	0,006%	1,152%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6006					
4	59,26	0,6006	0,829%	0,006%	0,835%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6006					
5	83,00	0,6006	1,161%	0,006%	1,168%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6006					
6	59,65	0,6006	0,835%	0,006%	0,841%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6006					
7	80,33	0,6038	1,124%	0,006%	1,130%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6038					
8	121,78	0,6006	1,018%	0,006%	1,025%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6006					
9	84,15	0,5996	1,177%	0,006%	1,184%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,5996					
10	127,53	0,6038	1,066%	0,006%	1,073%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6038					
11	82,67	0,5996	1,157%	0,006%	1,163%	5 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	9 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,5996					
12	60,98	0,5996	0,853%	0,006%	0,860%	4 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,5996					

Tabla 17 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Alterna de Freetown

AC Box	Length (m) AC Box - Main	Length (m) Inv - AC Box	Volt Drop (%)		Volt Drop Total (%)	Section (mm ²)		Cable (mm ²)	
			AC Box-Main	Inv - AC Box		AC Box-Main	Inv-Main	AC Box-Main	Inv-Main
1	103	6	0,988	0,045	1,033	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
		6		0,045			150		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
2	126	6	1,209	0,045	1,253	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
		6		0,045			150		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
3	152	6	1,458	0,045	1,503	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
		6		0,045			150		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
4	173	6	1,307	0,045	1,352	300	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x300) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
		6		0,045			150		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
5	209	6	1,579	0,045	1,624	300	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x300) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
		6		0,045			150		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
6	232	6	1,753	0,045	1,797	300	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x300) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
		6		0,045			150		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu

Tabla 18 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Continua de Linstead

Inverter	Length 6/10 mm ² (m)	Length 4mm ² (m)	Volt. Drop Section 6/10 mm ² (%)	Volt. Drop Section 4mm ² (%)	TOTAL VOLT. DROP (%)	Inverter-Harness Cable type	String cable type
1	63,21	0,6006	0,884%	0,006%	0,891%	4 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6006					
2	62,80	0,6006	0,879%	0,006%	0,885%	4 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6006					
3	78,53	0,6006	1,099%	0,006%	1,105%	4 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	8 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6006					
4	92,99	0,6006	1,301%	0,006%	1,308%	4 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x6 mm ²	7 x ZZ/F 1,8 kV DC 2x4 mm ²
		0,6006					

Tabla 19 Resultados del Cálculo de Cableado de Baja Tensión en Corriente Alterna de Lisntead

AC Box	Length (m) AC Box - Main	Length (m) Inv - AC Box	Volt Drop (%)		Volt Drop Total (%)	Section (mm ²)		Cable (mm ²)	
			AC Box-Main	Inv - AC Box		AC Box-Main	Inv-Main	AC Box-Main	Inv-Main
1	62	6	0,595	0,045	0,639	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
		6		0,045			150		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
2	23	6	0,221	0,045	0,265	240	150	XZ1 0,6/1kV (3x1x240) Al	RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu
		6		0,045			150		RVK 0,6/1kV (3x1x150) Cu

6.2.1.4.2. CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN

Tabla 20 Resultados del Cálculo de Cableado de Media Tensión de Jamalco

	Voltage (kV)	Nominal Section (mm ²)	Lenght. (km)	Power (kVA)	I _z (A)	VD (V)	VD(%) HV	AV(%) LV	VD Acum. (%)	PF Cos phi	Sen Phi	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)
TX1 - Switchgear1	13,8	50	0,015	4.000	167,348	3,574	0,026	0,180	0,206	1	0,000	0,822	0,155
TX1 - Customer	13,8	400	0,898	4.000	167,348	26,550	0,192		0,398	1	0,000	0,102	0,108
TX2 - Switchgear2	13,8	50	0,015	4.000	167,348	3,574	0,026	0,180	0,206	1	0,000	0,822	0,155
TX2 - Customer	13,8	400	1,208	4.000	167,348	35,715	0,259		0,465	1	0,000	0,102	0,108

6.3. CALCULO DE PROTECCIONES ELECTRICAS

Se instalarán dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente de las canalizaciones.

Se dimensionan dichos dispositivos según lo establecido en la normativa aplicada, para lo cual se verifican las siguientes condiciones:

Tabla 21 Condiciones de Protección Eléctrica Frente a Sobrecargas

Condiciones de Protección Eléctrica Frente a Sobrecargas
$I_b \leq I_n \leq I_z$
$I_f \leq 1.45 * I_z$
$I_f = 1.60 * I_n$

Donde:

- I_b : Corriente de diseño del circuito correspondiente (A).
- I_n : Corriente nominal del fusible (A), ver valores normalizados en la siguiente tabla.
- I_z : Corriente máxima del conductor protegido, la cual se obtiene de la tabla B.52-2 y C.52-2 bis de la Norma UNE-HD 60364-5-52:2014, (A).
- I_f : Corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección a largo plazo (A).

Tabla 22 Intensidades nominales normalizadas de los fusibles de baja tensión

Intensidades Nominales Normalizadas de los Fusibles en Baja Tensión							
2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

6.3.1. PROTECCIONES FRENTE A LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Como medida de preventiva se instalarán dispositivos de protección frente a las posibles de cortocircuito antes de que puedan producir algún daño al sistema por sus efectos térmicos y mecánicos. Siguiendo la normativa aplicada todo dispositivo que asegure la protección frente a cortocircuitos debe cumplir las siguientes condiciones:

- Su poder de corte debe ser como mínimo igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto de instalación.
- El tiempo de corte de toda corriente de cortocircuito que se produzca en cualquier punto del circuito no debe ser nunca superior al tiempo que tarden los conductores alcanzar su temperatura máxima admisible. En el caso de usar un interruptor automático (IA) como dispositivo de protección la condición aplicada suele ser más restrictiva y fácil de calcular.

Tabla 23 Ecuaciones para el Cálculo de Protecciones ante las Corrientes de Cortocircuito.

Tiempo de duracion del Ccto.
$\sqrt{t} = k * \frac{S}{I_{cc}}$
Corriente Minima de Disparo del IA
$I_{ccmin} > I_m$

Donde:

- t: Duración del cortocircuito (s).
- k: Constante que depende de la naturaleza del conductor ($s^{1/2}A/mm^2$).
- S: Sección del conductor (mm^2).
- I_{cc} : Corriente de cortocircuito (A).
- I_{ccmin} : Corriente de cortocircuito mínima en el extremo del circuito protegido por un interruptor automático (A).
- I_m : Corriente mínima de disparo del interruptor automático (A). Estos valores vienen determinados por unas curvas estándar que marcan los valores de disparo por cortocircuito.

6.3.2. RESULTADOS DEL CALCULO DE PROTECCIONES ELECTRICAS

6.3.2.1. PROTECCIONES EN BAJA TENSION

Tabla 24 Protecciones eléctricas en baja tensión de la planta de Freetown

AC Box	Fusible	Polos	U_n (V)	I_b (A)	I_n (A)	I_z (A)	I_f (A)	$I_{cc\ max}$ (kA)	PdC (kA)
-	Seccionador	3	400	519,6	1350	1668	2160	536,1	1000
1	1	3	400	86,6	200	261	320	79,42	100
2	2	3	400	86,6	200	261	320	79,42	100
3	3	3	400	86,6	200	261	320	79,42	100
4	4	3	400	86,6	250	295	400	99,28	120
5	5	3	400	86,6	250	295	400	99,28	120
6	6	3	400	86,6	250	295	400	99,28	120

Tabla 25 Protecciones eléctricas en baja tensión de la planta de Linstead

AC Box	Fusible	Polos	U_n (V)	I_b (A)	I_n (A)	I_z (A)	I_f (A)	$I_{cc\ max}$ (kA)	PdC (kA)
-	Seccionador	3	400	173,2	400	522	640	159,14	500
1	1	3	400	86,6	200	261	320	79,42	100
2	2	3	400	86,6	200	261	320	79,72	100

Tabla 26 Protecciones eléctricas en baja tensión de la planta de Jamalco

	AC Box	Fusible	Polos	U_n (V)	I_b (A)	I_n (A)	I_z (A)	I_f (A)	$I_{cc\ max}$ (kA)	PdC (kA)
MAIN AC BOX 1	-	Seccionador	3	800	1468,5	2200	2871	3520	873,62	1600
	1	1	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	2	2	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	3	3	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	4	4	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	5	5	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	6	6	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	7	7	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	8	8	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	9	9	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	10	10	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
11	11	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100	
MAIN AC BOX 2	-	Seccionador	3	800	1468,5	2200	2871	3520	873,62	1600
	1	12	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	2	13	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	3	14	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	4	15	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	5	16	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	6	17	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	7	18	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	8	19	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	9	20	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
	10	21	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100
11	22	3	800	133,5	200	261	320	79,42	100	

6.3.2.2. PROTECCIONES EN MEDIA TENSIÓN

Los parámetros asignados a las Celdas de Media Tensión se muestran a continuación:

- Tipo LV (1 de línea + 1 de protección disyuntor)
- Celda de Línea (V)Maniobra: Interruptor de aislamiento
- Celda de protección(V)Maniobra: Interruptor de aislamiento
- Aislamiento gas, SF6
- IP 54
- Numero de fases 3
- Frecuencia nominal..... 50 Hz
- Tensión de servicio 13.8 kV
- Tensión de aislamiento 24 kV
- Corriente nominal del embarrado: 630 A
- Corriente de ccto. admisible 16 kA
- Duración de corriente de ccto. 1 s

Estos parámetros serán modificados en caso de que sea necesario tras la realización de una serie de ensayos in situ.

6.4. CALCULO DE PUESTA A TIERRA

El generador fotovoltaico se conectará en modo flotante (los conductores activos se encuentran aislados de tierra), proporcionando unos niveles de protección adecuados tanto frente a contactos directos, como indirectos. Esta medida en si no supone una medida la suficientemente eficaz, ya que es un requisito imprescindible que la resistencia de aislamiento de la parte de

corriente continua se mantenga por encima de los niveles de seguridad y no tenga lugar un primer defecto a masa o a tierra. En este último caso, se genera una situación de riesgo, que se soluciona mediante:

- El aislamiento Clase II de los módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión. Estas últimas deberán ser dotadas de señales de peligro eléctrico.
- Controlador permanente de aislamiento, integrado en el inversor en este caso, que detecte la aparición de un primer defecto a tierra, cuando la resistencia sea inferior a un determinado valor. Este valor viene determinado por la máxima tensión de circuito abierto que se puede originar en el sistema, constituyendo la condición de mayor peligro eléctrico.

En la parte de CC, el sistema será flotante (esquema IT), con los conductores activos aislados de tierra. Se conectarán a tierra todas las masas metálicas de la instalación (armarios, bandejas, módulos, estructura soporte, inversores, etc.) La mera fijación de los módulos a la estructura no se considera una puesta a tierra eficaz, por tanto, se deberán conectar todos los módulos entre sí, mediante grapas o arandelas que garanticen la puesta a tierra del marco, y éstos a su vez con la estructura.

En el tramo CA se seguirá un esquema IT, con los conductores activos aislados de tierra. Se conectarán a tierra todas las masas metálicas de la instalación.

Para realizar el diseño de la puesta a tierra en la planta de Jamalco se considera la situación más desfavorable que podría producirse. Si se produce un fallo de aislamiento en el lado de MT, circulará una intensidad de defecto a tierra más elevada, lo cual junto al valor de la resistencia de tierra dará lugar a un valor de tensión de contacto, que pondría en riesgo a una persona que tocara una masa metálica en ese momento. Por lo tanto, debe dimensionarse el sistema de puesta a tierra para que el nivel de tensión sea inferior a la máxima tensión de contacto permisible en función de la duración del defecto.

El nivel de cortocircuito monofásico a tierra en 13,8 kV queda limitado a 500 A por la reactancia de puesta a tierra instalada en el devanado de 13,8 kV del transformador de la subestación de la refinería de Jamalco.

El valor de dicha resistencia de puesta a tierra, R_t de ahora en adelante, se obtiene de la combinación del electrodo longitudinal junto con las picas de puesta a tierra de los centros de transformación.

La resistencia del conductor de cobre desnudo 35 mm² se calcula como sigue:

$$R_e = \frac{2 * \rho}{L}$$

Donde:

- R_{elec} : Resistencia del conductor (Ω).
- ρ : Resistividad del Terreno (Ωm).
- L : Longitud del electrodo longitudinal de puesta a tierra (m).

Por la información suministrada del cliente, se conoce la naturaleza del terreno, arcilla compacta, a partir de la cual se puede conocer su resistividad eléctrica, la cual varía en un rango de 100 Ωm a 200 Ωm. Como en este estadio del proyecto no se ha podido realizar ningún ensayo del terreno de las instalaciones, se opta por escoger un valor de resistividad eléctrica del terreno de 500 Ωm para estar del lado de la seguridad, ya que estos valores podrían no ser muy exactos, debido a que pueden variar en función de las condiciones meteorológicas y del terreno.

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHM·M
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600

Figura 11 Resistividad Eléctrica del Terreno según su Naturaleza

En el caso más desfavorable de conductividad del terreno, la resistencia del electrodo será de:

$$R_e = \frac{2 * 500}{2806} = 0,356 \Omega$$

Para los centros de transformación se emplearán cuatro picas normalizadas de cobre de 14,6 mm de diámetro y 4 m de longitud unidas por conductor de cobre desnudo de 50 mm². De la siguiente tabla se obtendrá la expresión de cálculo del valor de esta resistencia:

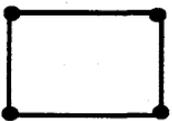
CONFIGURACION	L _p (m)	RESISTENCIA K _r	TENSION DE PASO K _p	TENSION DE CONTACTO EXT K _c = K _p (acc)	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.094	0.0184	0.0553	70-40/5/00
4 picas 	2	0.076	0.0165	0.0362	70-40/5/42
	4	0.064	0.0134	0.0271	70-40/5/44
	6	0.056	0.0113	0.0215	70-40/5/46
	8	0.049	0.0097	0.0177	70-40/5/48
8 picas 	2	0.068	0.0143	0.0302	70-40/5/82
	4	0.055	0.0108	0.0201	70-40/5/84
	6	0.046	0.0087	0.0148	70-40/5/86
	8	0.040	0.0072	0.0115	70-40/5/88

Figura 12 Parámetros Característicos de Electrodo de Puestas a Tierra (7mx4m y profundidas 0,5 m)

El valor de la resistencia de los centros de transformación se calcula de la siguiente manera:

$$R_{CT} = K_r * \rho$$

Donde al sustituir se obtiene el siguiente resultado:

$$R_{CT} = 0,064 * 500 = 32 \Omega$$

Una vez obtenidas las resistencias del electrodo longitudinal y de los centros de transformación, se puede proceder al cálculo de la resistencia de puesta a tierra, siendo esta la equivalente en paralelo de las dos anteriores.

$$R_T = \frac{R_e * R_{CT}}{R_e + R_{CT}}$$

Donde al sustituir los valores se obtiene:

$$R_T = \frac{0,356 * 32}{0,356 + 32} = 0,352 \Omega$$

Se calcula la tensión de contacto admisible sin considera el uso calzado de seguridad, para estar del lado de la seguridad, a partir de la siguiente ecuación:

$$U_c = U_{ca} * \left(1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 * Z_B}\right) = U_{ca} * \left(1 + \frac{R_{a1}}{2} + 1,5\rho\right); R_{a1} = 0; R_{a2} = 3\rho$$

Donde:

- U_c : Tensión de contacto máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales (resistencia a tierra del punto de contacto, calzado, presencia de superficies de material aislante, etc).
- U_{ca} : Tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies.
- R_{a1} : Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear como valor 2.000 Ω . Se considerará nula esta resistencia cuando las personas puedan estar descalzas, en instalaciones situadas en lugares tales como jardines, piscinas, campings, y áreas recreativas.
- R_{a2} : Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie. $R_{a2}=3\rho$, donde ρ es la resistividad del suelo cerca de la superficie.
- Z_B : Impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor de 1.000 Ω .

Los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada a la que puede estar sometido al cuerpo humano entre la mano y los pies, en función de la duración de la corriente de falta se muestran en la siguiente figura.

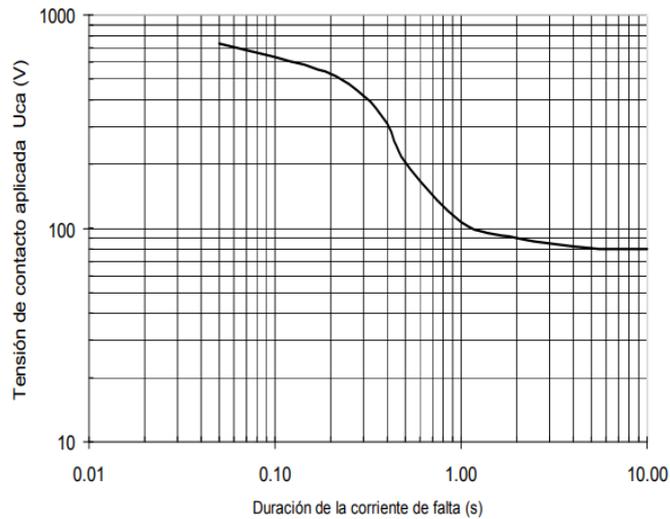


Figura 13 Valores Admisibles de la Tensión de Contacto Aplicada en Función de la Duración de la Corriente de Falta (ITC-RAT 13)

Atendiendo a los criterios establecidos por el cliente la duración de la corriente de falta no debe ser superior a los 0,6 s.

Una vez se ha determinado la duración de la corriente de falta, se obtiene el valor de la tensión de contacto admisible a partir de la curva anterior. En este caso se ha empleado la siguiente tabla del para obtener dicho valor de manera más precisa mediante interpolación.

Tabla 27 Valores Admisibles de la Tensión de Contacto Aplicada en Función de la Duración de la Corriente de Falta (ITC-RAT 13)

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Una vez obtenido el valor de la tensión de contacto aplicada admisible, ($U_{ca} = 184,60 \text{ V}$) se puede calcular el valor de la tensión de contacto máxima admisible:

$$U_c = 184,60 * \left(1 + \frac{1,5 * 500}{1000} \right) = 323,05 \text{ V}$$

Por último, hay que verificar que la tensión del sistema de puesta a tierra no sea superior a la tensión de contacto máxima admisible.

$$R_t * I_d < U_c \rightarrow 0,352 * 500 = 176 \text{ V} < 323,05 \text{ V}$$

No se han considerado los cálculos de la tensión de paso máxima admisible de la instalación, ya que al ser esta menos limitante que la tensión de contacto máxima admisible, y cumplir esta última se da por cumplida la primera sin necesidad de realizar los cálculos.

6.5. SIMULACION PVSYS

A continuación, se detalla el proceso de simulación de la planta Jamalco, por ser la planta más compleja del presente proyecto, mediante el software PVsyst (versión 7.1), con el que se obtiene información como la producción anual y mensual de la planta, su índice de rendimiento o performance ratio (PR), las distintas pérdidas energéticas, entre otros en forma de informe.

En primer lugar, se ha de definir la ubicación de la instalación fotovoltaica por sus coordenadas geográficas y elegir la base de datos para generar el “meteo file”, como se muestra en la siguiente figura. En este proyecto se escoge como base de datos Meteororm, la cual obtiene sus valores interpolando las mediciones de estaciones meteorológicas terrestres reales, ya que por lo general suele ser más precisa que otras bases de datos como la NASA siempre que se sepa de la presencia de estaciones meteorológicas próximas a la ubicación del proyecto. La NASA obtiene sus datos mediante el uso de satélites, por lo que es más adecuada en zonas aisladas o con baja presencia de estaciones meteorológicas como la región MENA, zonas de Colombia o Venezuela o las zonas próximas a los polos, como el norte de Canadá. También pueden introducirse manualmente la información meteorológica mensual, pero no es aconsejable dado su falta de precisión.

The screenshot displays the PVsyst software interface for defining a project location. It is divided into several sections:

- Location:** Contains a text input for 'Site name' (filled with 'Bowens Hall'), a dropdown for 'Country' (set to 'Jamaica'), and a dropdown for 'Region' (set to 'North America'). A 'Get from coordinates' button is present.
- Geographical Coordinates:** Features a 'Sun paths' button and input fields for 'Latitude' (Decimal: 17.8981, Deg. Min. Sec.: 17 53 53), 'Longitude' (Decimal: -77.2444, Deg. Min. Sec.: 77 14 39), and 'Altitude' (46 M above sea level). It also includes a 'Time zone' dropdown (set to -5.0) and a 'Get from name' button.
- Meteo data Import:** Contains radio buttons for selecting the meteorological data source: 'Meteororm 7.3' (selected), 'NASA-SSE', 'PVGIS TMY', and 'NREL / NSRDB TMY'. An 'Import' button is located below these options.

Figura 14 Definición de la Ubicación Geográfica y del Archivo Meteorológico en PVsyst

Una vez definidas la ubicación y la meteorología, el software permite definir las distintas variables del sistema, empezando por la orientación de los módulos fotovoltaicos.

Como se puede observar en la siguiente figura anterior se ha optado por una estructura fija en lugar de trackers, debido a las altas velocidades que el viento puede alcanzar, entre 100 y 120 km/h, ya que estas podrían llegar a dañar los trackers dejando fuera de servicio parte o la totalidad de los módulos de la instalación.

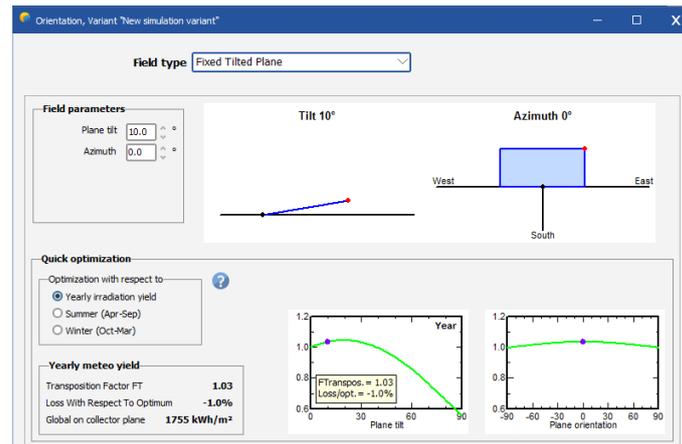


Figura 15 Definición de la Estructura y Orientación de los Módulos Fotovoltaicos en PVsyst

También se ha definido un valor de 10° a la inclinación de los módulos a pesar de no ser la inclinación óptima (entorno a los 20°). Se ha optado por este valor, dado que la alternativa supondría una mayor altura del conjunto de estructura y módulos, que a su vez soportaría una mayor carga del viento, necesitando reforzar la estructura para evitar posibles desperfectos o roturas en los módulos, mientras que con la inclinación seleccionada solo se tendría un 1% de pérdidas. Por este motivo, es preferible tener un ínfimo índice de pérdidas antes que incrementar el coste económico para reforzar la estructura.

Una vez definida la configuración de la planta, se ha definir los equipos que se van a emplear en el sistema de la planta fotovoltaica. Para ello basta con elegir la marca y modelo, y el software toma todos los valores del equipo del archivo .OND (archivos proporcionados por el fabricante con todos los datos del panel o inversor seleccionado). Para este proyecto se ha seleccionado el módulo LR4-HPH72-455M y los inversores SUN2000-185KTL H1, para la planta de Jamalco, y SUN2000-60KTL H1, para las plantas Freetown y Linstead, como ya se ha comentado anteriormente en el proyecto.

Una vez definidos los modelos de módulo e inversor a emplear, y conociendo la potencia pico del sistema, 9159 kWp en este caso, se procede a dimensionar el sistema, consistiendo en definir el número de paneles en serie, strings e inversores. Es posible realizar el dimensionamiento del sistema empleando únicamente el software PVsyst, pero en el caso de este proyecto se ha realizado mediante cálculos, los cuales se han corroborado posteriormente introduciendo los resultados en el software sin que se muestre ningún mensaje de error en el sistema, como muestra la siguiente figura.

Figura 16 Definición del Sistema de la Planta Fotovoltaica en PVsyst

A continuación, es necesario definir las distintas pérdidas del sistema que tiene en cuenta el software:

Pérdidas Térmicas: Dependiendo de la configuración del sistema se toma un valor de disipación del calor. Al ser planta montada directamente sobre el suelo, sin importar si es estructura fija o tracker, se escoge un valor de disipación de calor de 29 W/m²K como se muestra en la siguiente imagen. Los otros casos se aplican en instalaciones sobre cubiertas.

Figura 17 Definición de las Pérdidas Térmicas en PVsyst

Perdidas Óhmicas: Estas pérdidas incluyen las pérdidas en el cableado de DC y AC y las pérdidas en los transformadores. Los valores típicos de pérdidas en los tramos de DC y AC se definen según el tipo de inversor empleado y su tensión máxima de entrada. En los tramos de DC y con una tensión máxima de entrada de 1.000 V, las pérdidas con un inversor central son entre 2,5%-2,8% y con un inversor string entre 0,5%-1%, mientras que con una tensión de entrada de 1.500 V, las pérdidas con un inversor central son entre 2%-2,5% y con un inversor string entre 0,2%-0,5%. Por otro lado, en los tramos de AC y con una tensión máxima de entrada de 1.000 V, las pérdidas con un inversor central son del 0,3% y con un inversor string entre 2,5%-2,7%, mientras que con una tensión de entrada de 1.500 V, las pérdidas con un inversor central son del 0,2% y con un inversor string entre 2,2%-2,4%. A su vez, los valores típicos de pérdidas en el transformador son de 0,1% en el hierro y del 1% de pérdidas resistivas e inductivas.

DC circuit: ohmic losses for the array

Specified by

- Global wiring resistance: 0.662 mΩ Calculated Detailed computation
- Loss fraction at STC: 0.40 % Default

Voltage Drop across series diode: 0.0 V Default

AC losses after the inverter

AC Wire loss Inverter to transfo

- Uses AC circuit ohmic loss
- Length Inverter to Transformer: 435.0 m
- Loss fraction at STC: 2.31 %
- Wire section: 5000 mm²
- STC: Pac = 9058 kW, Vac = 800 V Tri, I = 6537 A
- Voltage drop at STC: 18.5 V (2.3%)
- Uses one or several MV transformers
- Uses a HV transformer

Medium Voltage line (each transfo)

- MV line voltage: 13.8 kV
- Length MV Transfo to injection: 1214 m
- Loss fraction at STC: 0.45 %
- Wire section: 120 mm²
- STC: Pac = 4529 kW, Vac = 13.8 kV Tri, I = 189.5 A
- Voltage drop at STC: 62.4 V (0.45%)

Medium Voltage external transformer

MV Transformer(s), full system

Number of MV transfos: 2 night disconnect

Generic values

Reference Pac(STC): 4529.1 kW

- Iron loss (constant value): 0.10 % 4.53 kW default
- Copper (resistive) loss: 1.00 % at STC default
- Transfo equivalent resistance: 3 x 1.41 mΩ/inverter

Transformer from Datasheets

- Uses datasheets data
- Nominal power: N/A kVA
- Iron losses (no load loss): N/A kVA
- Copper (resistive) loss at PNom: N/A kVA
- Global loss at PNom: N/A kVA
- Global efficiency at PNom: N/A %

Figura 18 Definición de las Pérdidas Ohmicas en PVsyst

Pérdidas de calidad del módulo, LID y mismatch: Las pérdidas por calidad del módulo vienen definidas por el fabricante en el datasheet, en este caso el modelo seleccionado tiene una pérdida de la eficiencia de -0,55%. El factor de pérdidas LID se debe a las pérdidas que sufre el panel en sus primeras horas de exposición al sol, sin contrastarlo previamente con el fabricante, se emplea el valor por defecto del 1,8%. Las perdidas por mismatch se deben a que en un mismo string el comportamiento de todos los módulos no es idéntico, ya sea por tener una mayor acumulación de suciedad que otros, tener proyecciones de pequeñas sobras puntualmente, etc. Todo esto acaba penalizando a la eficiencia del string.

Module quality

Module efficiency loss: -0.5 % default

Deviation of the average effective module efficiency with respect to manufacturer specifications.

(negative value indicates over-performance)

LID - Light Induced Degradation

LID loss factor: 1.8 % default

Degradation of crystalline silicon modules in the first operating hours with respect to the manufacturing flash test STC values

Module mismatch losses

Power Loss at MPP: 0.4 % default

Loss when running at fixed voltage: 2.5 % default

Not relevant when MPPT operation

Strings voltage mismatch

Power Loss at MPP: 0.1 % Default

Figura 19 Definición de las Pérdidas de Calidad del Módulo, LID y Mismatch en PVsyst

Pérdidas por ensuciamiento o soiling: Las pérdidas por suciedad de los módulos es un valor que se ve afectado por muchos factores, como la lluvia, el viento, la situación geográfica por la propensión a tormentas o la salinidad del aire por ejemplo, la proximidad a focos de polución como carreteras o zonas industriales, la inclinación del panel, el número y método de limpieza de los módulos, etc. Todos estos factores dificultan asignar un valor por pérdidas preciso, por ello se ha empleado un valor promedio del 1,5% sin ser estas pérdidas muy bajas ni muy altas.

Yearly soiling loss factor

Yearly loss factor: 1.5 % Default

Define monthly values

Figura 20 Definición de las Pérdidas por Ensuciamiento o Soiling en PVsyst

Pérdidas por el ángulo de incidencia o IAM (Incidence Angle Modifier): Las pérdidas por el ángulo de incidencia se deben a la irradiancia que pierde la célula respecto a la irradiancia sobre la horizontal, por la reflexión de parte la radiación sobre el vidrio del módulo. Salvo recomendación directa del fabricante y aportación de datos concretos de algún estudio realizado por un laboratorio externo, se empleará el modelo por defecto del PVsyst, modelo ASHRAE.

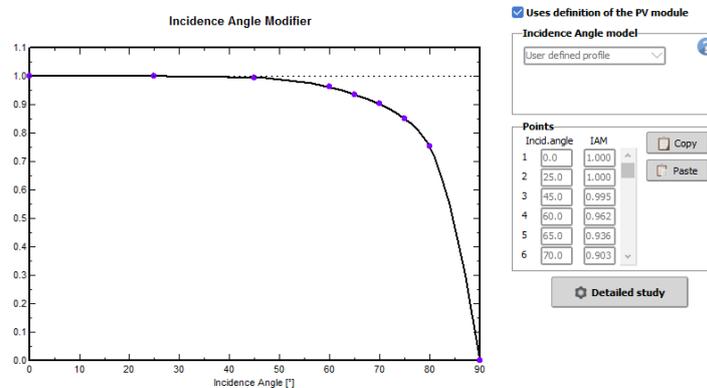


Figura 21 Definición de las Pérdidas por el ángulo de Incidencia o IAM en PVsyst

Pérdidas por alimentación de elementos auxiliares: Principalmente incluyen las pérdidas auxiliares del inversor normalmente especificadas en el datasheet, con un valor de 3W/kW en el caso de este inversor, y las pérdidas en StandBy o nocturnas (no tiene sentido aplicar estas pérdidas en este tipo de instalaciones).

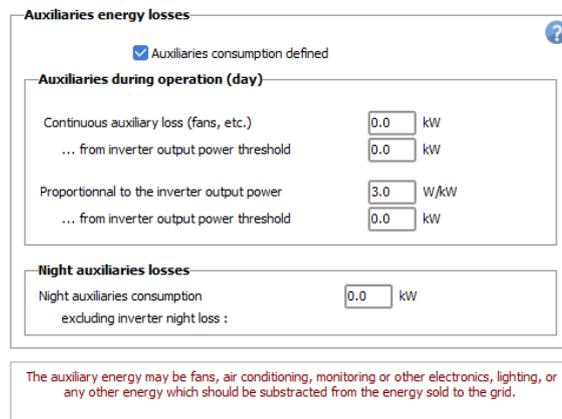


Figura 22 Definición de las Pérdidas por Alimentación de Elementos Auxiliares en PVsyst

Pérdidas por envejecimiento: Normalmente las pérdidas por degradación del panel son nulas en la simulación del año 0 de operación o PAC (Provisional Acceptance Certificate). Para simulaciones a partir del año 1 en adelante, basta con marcar la casilla de “Use in simulation” e indicar para que año se desea calcular la degradación. En PVsyst, se calculan estas pérdidas teniendo en cuenta la degradación anual marcada por el fabricante en el archivo del modelo del módulo, así como cierto factor de mismatch que afecta positivamente al rendimiento de la planta debido a que todos los paneles no se degradan siguiendo la curva del fabricante, haciéndolo algunos en menor medida.

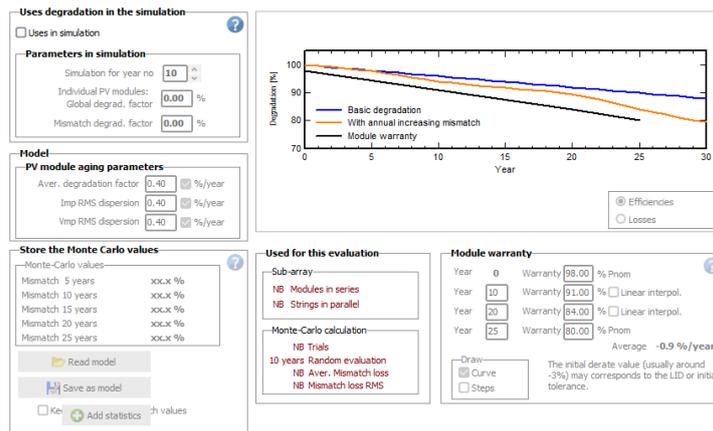


Figura 23 Definición de las Pérdidas por Envejecimiento en PVsyst

Pérdidas por indisponibilidad: Normalmente el valor de estas pérdidas en el año 0 de simulación es del 0%, pero en simulaciones de años posteriores se suelen aplicar valores del 1% para plantas con estructura fija y del 1,5% para plantas con tracker, ya que el uso de motores aumenta la indisponibilidad por sus averías. El valor introducido representa un porcentaje frente al total de horas anuales, las cuales se pueden repartir en fechas y periodos de parada de manera aleatoria o manualmente.

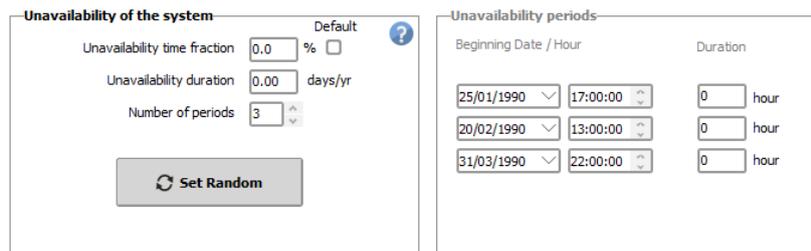


Figura 24 Definición de las Pérdidas por indisponibilidad en PVsyst

Una vez se han introducido las pérdidas del sistema, hay que definir las sombras que se pueden proyectar sobre la planta fotovoltaica, en PVsyst se diferencia entre las sombras lejanas u horizonte y las sombras cercanas.

La herramienta de sombras lejanas permite introducir un perfil de obstáculos lejanos introduciendo el azimut y la altura solar para cada punto hasta completar el perfil en los 360° alrededor de la planta. Se considera que una fuente de sombras es lejana a partir de diez veces el tamaño de la planta solar. En lugar de usar medios como Google Earth para calcular las distintas alturas solares y azimuts, lo cual puede llegar a ser muy costoso, se pueden emplear otras herramientas, ya incluidas en PVsyst, como PVGIS que descarga el perfil del horizonte de la instalación directamente desde su web a partir de las coordenadas de ubicación. Esto permite tener en cuenta tener en cuenta la proyección de sombras por objetos lejanos a primeras y últimas horas del día, lo que resulta en la falta de producción de energía durante unos minutos cada día con una pérdida anual total notoria y que se ha de tener en cuenta.

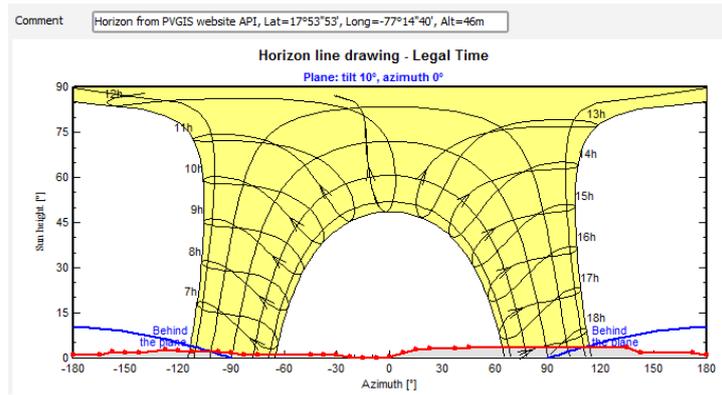


Figura 25 Definición de las Sombras Lejanas en PVsyst

La herramienta de sombras cercanas permite crear un dibujo 3D de la planta fotovoltaica así como otros objetos que se encuentren en las proximidades (construcciones, arboles, etc) que puedan proyectar sombras sobre los módulos. Una alternativa a esta herramienta de dibujo es el software PVcase, un plugin para AutoCAD que permite diseñar proyectos solares de acuerdo con la topografía del terreno y en 3D. Con este software se puede dibujar de forma más rápida, sencilla y precisa la planta fotovoltaica desde AutoCAD, y una vez creado importarla a PVsyst, donde solo habría que indicar el número de strings por mesa.

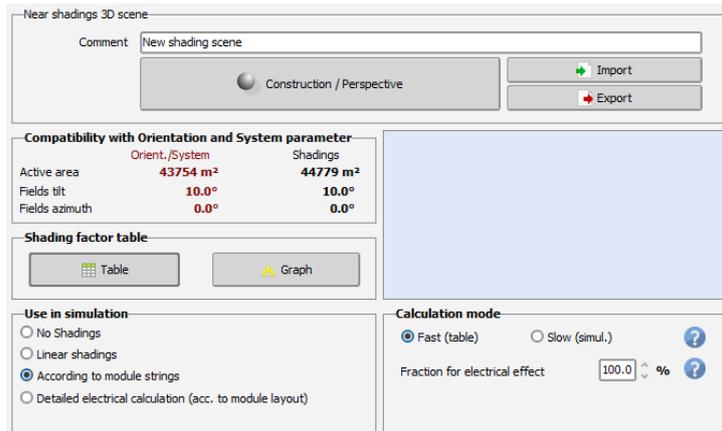


Figura 26 Definición de las Sombras Cercanas en PVsyst

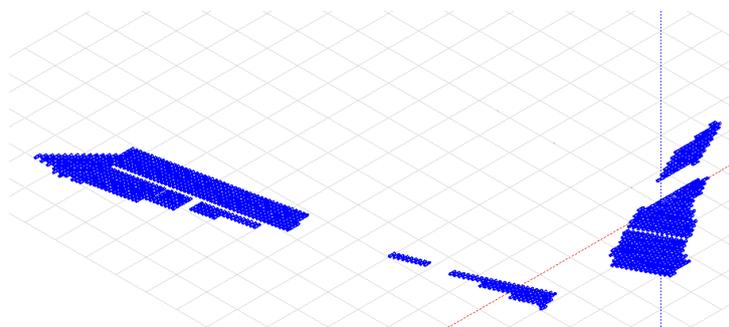


Figura 27 Dibujo 3D de la Planta Fotovoltaica de Jamalco Desarrollado en PVcase

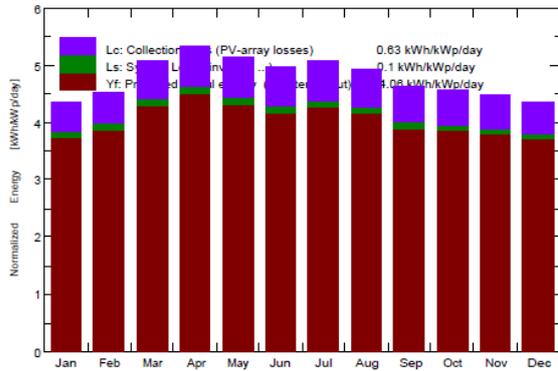
6.5.1. RESULTADOS DE LA SIMULACION

En este apartado se muestran los principales resultados de la simulación en PVsyst de las tres plantas fotovoltaica, esta información ha sido directamente extraída de los informes PVsyst incluidos en el **Anexo A – Informes PVsyst**.

Jamalco

La planta de Jamalco en su año 0 tiene una producción de energía de 13.562 MWh/año, con una producción específica de 1.481 kWh/kWp/año y un rendimiento del 84,79%. A continuación se muestran las gráficas mensuales de producción normalizada por kWp instalado y de rendimiento de la instalación, junto al diagrama de pérdidas del sistema.

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 9159 kWp



Performance Ratio PR

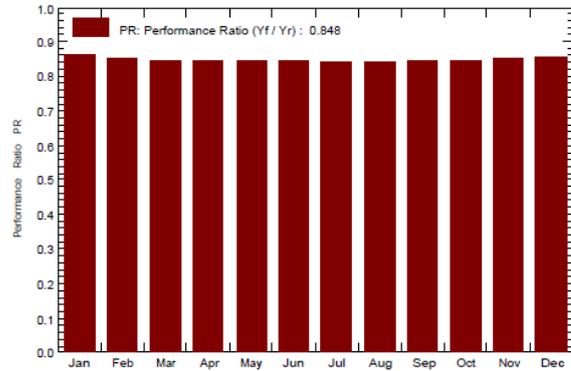


Figura 28 Gráficas Mensuales de la Producción Normalizada por kWp instalado (Izq.) y del Rendimiento de la Instalación (Der.) de la planta de Jamalco

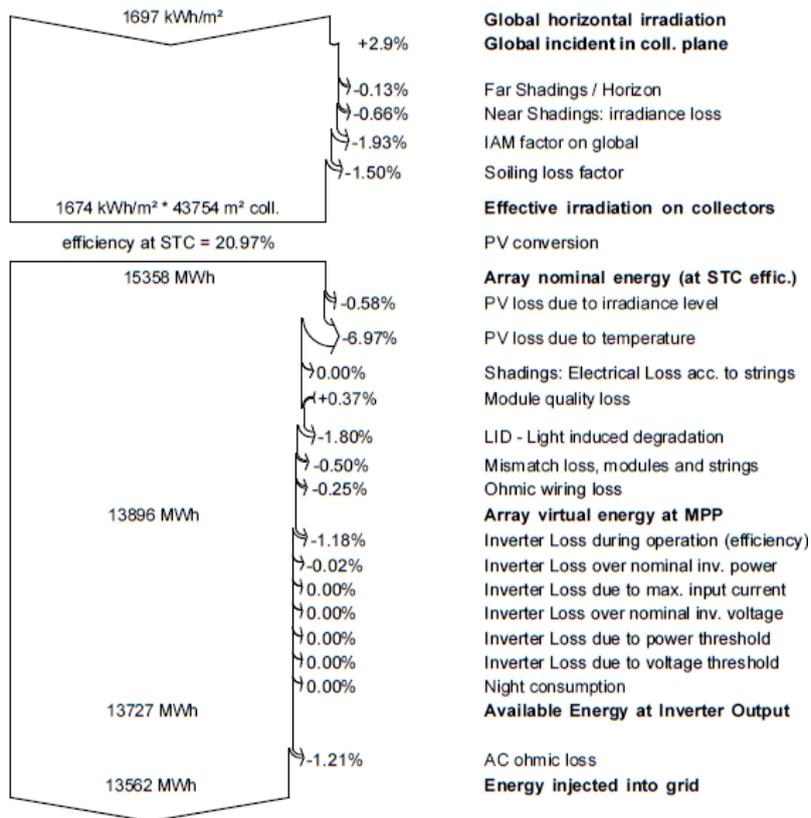
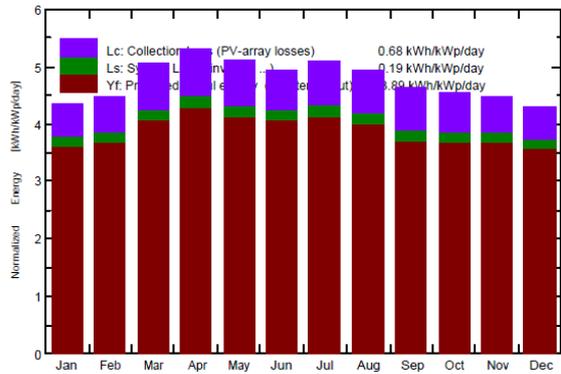


Figura 29 Diagrama de Pérdidas del Sistema de la Planta de Jamalco

Freetown

La planta de Freetown en su año 0 tiene una producción de energía de 1.522 MWh/año, con una producción específica de 1.421 kWh/kWp/año y un rendimiento del 81,80%. A continuación se muestran las gráficas mensuales de producción normalizada por kWp instalado y de rendimiento de la instalación, junto al diagrama de pérdidas del sistema.

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1071 kWp



Performance Ratio PR

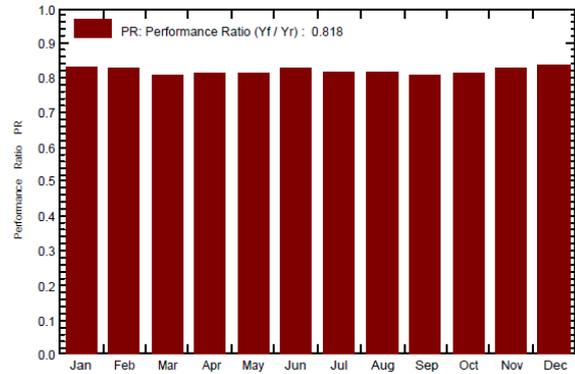


Figura 30 Gráficas Mensuales de la Producción Normalizada por kWp instalado (Izq.) y del Rendimiento de la Instalación (Der.) de la planta de Freetown

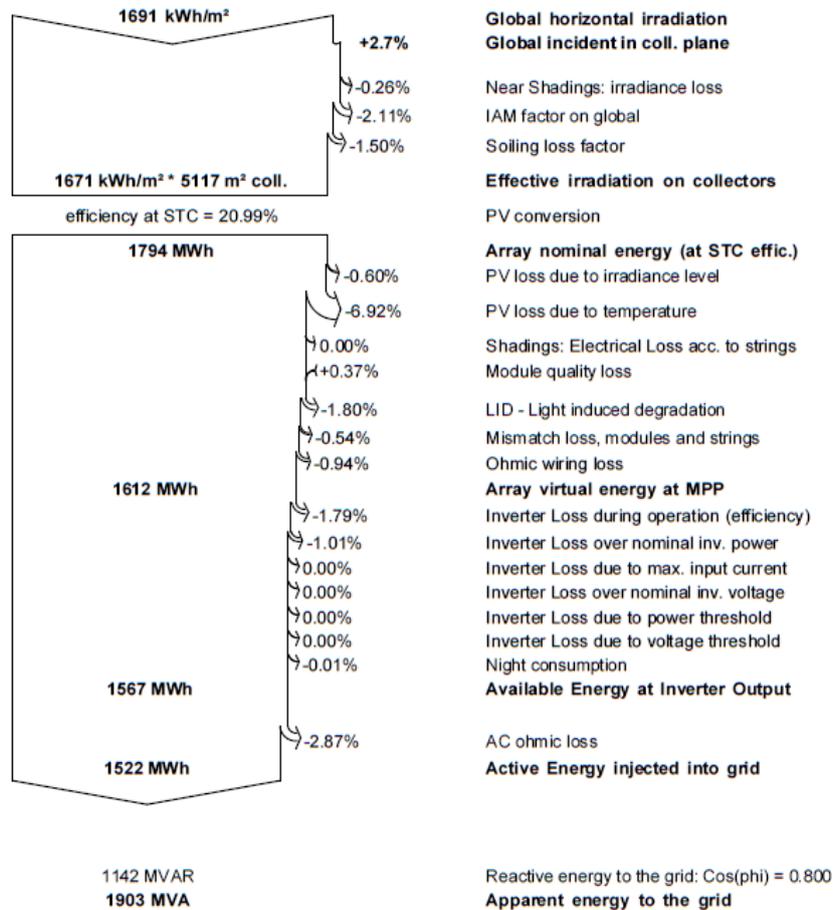


Figura 31 Diagrama de Pérdidas del Sistema de la Planta de Freetown

Linstead

La planta de Linstead en su año 0 tiene una producción de energía de 431,2 MWh/año, con una producción específica de 1.436 kWh/kWp/año y un rendimiento del 83,43%. A continuación se muestran las gráficas mensuales de producción normalizada por kWp instalado y de rendimiento de la instalación, junto al diagrama de pérdidas del sistema.

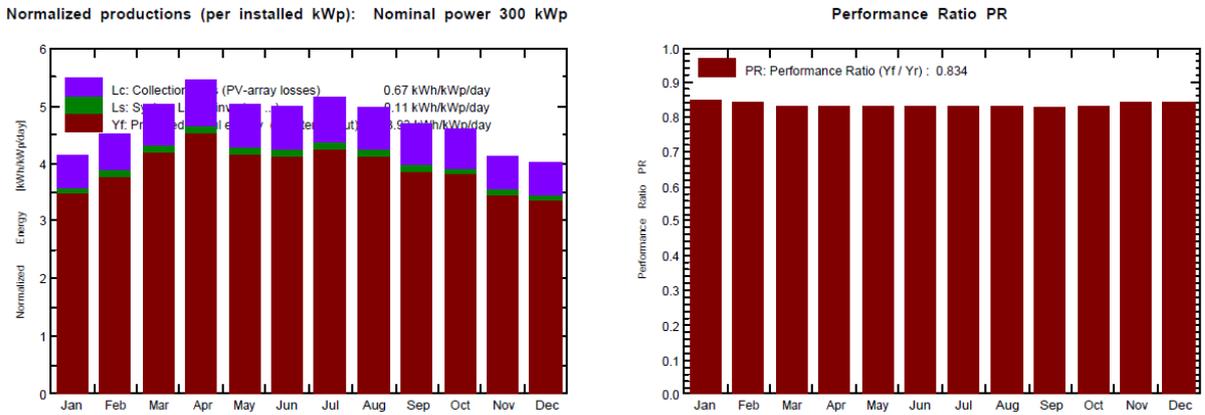


Figura 32 Gráficas Mensuales de la Producción Normalizada por kWp instalado (Izq.) y del Rendimiento de la Instalación (Der.) de la planta de Linstead

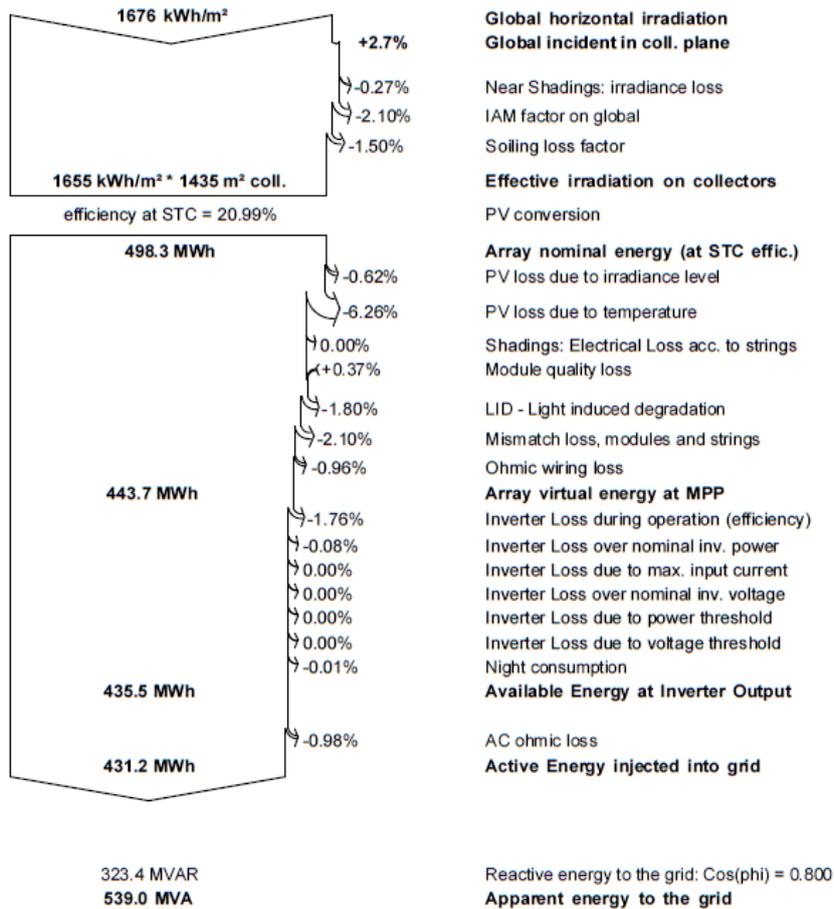


Figura 33 Diagrama de Pérdidas del Sistema de la Planta de Linstead

Como se puede observar en la planta de Freetown, la producción específica y el rendimiento es relativamente inferior en comparación con las otras dos plantas. Comparando los diagramas de pérdidas de las tres plantas del proyecto, se puede apreciar que la mayor diferencia entre la planta de Freetown y las de Jamalco y Linstead, por un lado está en las pérdidas en el inversor sobre la potencia nominal de este con un valor de -1,01% frente al -0,02% y -0,08% de Jamalco y Linstead respectivamente, esto se debe al infradimensionamiento de la potencia del inversor como ya se ha comentado anteriormente en este proyecto, y por otro lado, en las pérdidas óhmicas con un valor -2,87% frente al -1,21% y -0,98% de Jamalco y Linstead respectivamente, esto se puede deber a una mayor longitud de cableado en proporción con las otras plantas.

7. ESTUDIO DE GESTION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION

Durante la ejecución material de las obras se prevé la generación de residuos que deberán ser adecuadamente gestionados.

7.1. IDENTIFICACION DE AGENTES INTERVINIENTES

Los Agentes Intervinientes en la Gestión de los Residuos de la Construcción de la presente instalación son:

7.1.1. PRODUCTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION (TITULAR)

El titular es el productor de residuos de construcción, por ser la persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en la obra de construcción; además de ser la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de la obra de construcción. También por ser la persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.

7.1.2. POSEEDOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION (CONSTRUCTOR)

El contratista principal es el poseedor de residuos de construcción, por ser la persona física o jurídica que tiene en su poder los residuos. Cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.

Mientras se encuentren en su poder, estará obligado a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

Los residuos de construcción deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

- Hormigón 15,4 t.
- Ladrillos, tejas, cerámicos 7,7 t.
- Metal 0,186 t.
- Plástico 1,7244 t.

- Papel y cartón 0,1 t.
- Madera..... 13,746 t.
- Vidrio..... 0,1 t.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción dentro de la obra en que se produzcan.

7.1.3. GESTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION

El GESTOR será la persona o entidad, pública o privada, acreditada por el estado de Jamaica, que realice cualquiera de las operaciones que componen la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones y la de los vertederos, después de su cierre, así como su restauración ambiental (GESTIÓN) de los residuos, sea o no el productor de los mismos.

7.2. ESTIMACION DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION QUE SE GENERARAN EN LA OBRA

Se va a practicar una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos:

A continuación se relaciona los tipos de residuos de construcción (RCD) previstos.

Tabla 28 Checklist de los Residuos de Construcción a Generar durante la Obra

RCDs Nivel I		
1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN		
RCD: Naturaleza no pétreo		
	1. Asfalto	
	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
	2. Madera	
x	17 02 01	Madera
	3. Metales	
x	17 04 01	Cobre, bronce, latón
x	17 04 02	Aluminio
	17 04 03	Plomo
	17 04 04	Zinc
x	17 04 05	Hierro y Acero
	17 04 06	Estaño
	17 04 06	Metales mezclados
	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
	4. Papel	
x	20 01 01	Papel y cartón
	5. Plástico	
x	17 02 03	Plástico
	6. Vidrio	
	17 02 02	Vidrio
	7. Yeso	
	17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01

Los residuos que se generarán en la obra correspondientes a las instalaciones de baja tensión proceden principalmente del embalaje de los siguientes equipos, en orden de mayor a menor residuos asociados:

- Embalaje de los módulos fotovoltaicos
- Embalaje de inversores
- Embalaje de cuadros
- Despunte de cable
- Metales sobrantes de perfiles de la estructura

Tabla 29 Residuos Procedentes del Embalaje

	Unidades	Unidades pallet	kg madera pallet	kg cartón pallet	kg plástico pallet	kg madera	kg cartón	kg plástico
Módulos Fotovoltaicos	24.624	26	12	1,6	1,5	11.376	1.517	1.422
Inversores	60	9	8	1,6	1,2	56	12	9
Cuadros	4	1	8	1,6	1,5	32	7	6
Transformadores	2	1	9	0	0	18	4	3

Despunte de cable

Para los despunte de cable se considerarán los siguientes valores de generación durante la obra:

- En el caso del Cu: 13,76 kg/MWp
- En el caso del Al: 2,24 kg/MWp

Por lo que en total se estima que se produzcan 145 kg de Cu y 24 kg de Al.

Sobrantes de perfiles de aluminio

Los perfiles de aluminio correspondientes a la estructura llegan a la obra con las dimensiones exactas. El único sobrante puede producirse en los perfiles que se hincan en el suelo, en el caso de que el terreno no permita hincar la longitud esperada y las pruebas de resistencia a esfuerzos resultasen favorables se cortaría ese sobrante del perfil. Se estima un total de 10 kg de Aluminio.

Por lo que se estima que la generación total de residuos en la construcción sea:

- Madera: 11,482 t
- Papel y cartón: 0,154 t
- Plástico: 1,440 t
- Metales: 169 kg (Cobre: 145 kg y Aluminio: 24 kg)

7.3. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS DE OBRA OBJETO DEL PROYECTO

En el presente punto se justificarán las medidas tendentes a la prevención en la generación de residuos de construcción. Además, en la fase de proyecto de la obra se ha tenido en cuenta las alternativas de diseño y constructivas que generen menos residuos en la fase de construcción y de explotación, y aquellas que favorezcan el desmantelamiento ambientalmente correcto de la obra al final de su vida útil.

Respecto de los RCD de “Naturaleza No Pétreo”, se atenderán a las características cualitativas y cuantitativas, así como las funcionales de los mismos.

Los materiales derivados de los envasados como el Papel o Plástico, se solicitará de los suministradores el aporte en obra con el menor número de embalaje, renunciando al superfluo o decorativo.

7.4. OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN; VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN A QUE SE DESTINARÁN LOS RESIDUOS QUE SE GENERAN EN LA OBRA

Las actividades de valorización de residuos reguladas se ajustarán a lo establecido en el proyecto de obra. En particular, la dirección facultativa de la obra deberá aprobar los medios previstos para dicha valorización in situ.

En todo caso, estas actividades se llevarán a cabo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que perjudiquen al medio ambiente y, en particular, al agua, al aire, al suelo, a la fauna o a la flora, sin provocar molestias por ruido ni olores y sin dañar el paisaje y los espacios naturales que gocen de algún tipo de protección de acuerdo con la legislación aplicable.

Se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.

La eliminación de los residuos se realizará, mediante sistemas que acrediten la máxima seguridad con la mejor tecnología disponible y se limitará a aquellos residuos o fracciones residuales no susceptibles de valorización de acuerdo con las mejores tecnologías disponibles.

Las operaciones de gestión de residuos se llevarán a cabo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que puedan perjudicar el medio ambiente y, en particular, sin crear riesgos para el agua, el aire o el suelo, ni para la fauna o flora, sin provocar incomodidades por el ruido o los olores y sin atentar contra los paisajes y lugares de especial interés.

Queda prohibido el abandono, vertido o eliminación incontrolada de residuos, así como toda mezcla o dilución de los mismos que dificulte su gestión.

La operación de eliminación consistentes en el depósito de residuos en vertederos deberá realizarse de conformidad con lo establecido en la ley y sus normas de desarrollo, impidiendo o reduciendo cualquier riesgo para la salud humana, así como los efectos negativos en el medio ambiente y, en particular, la contaminación de las aguas superficiales, las aguas subterráneas, el suelo y el aire, incluido el efecto invernadero.

No podrán depositarse en un vertedero aquellos residuos cuyo tratamiento no contribuya a impedir o reducir los peligros para el medio ambiente o para la salud humana.

En cuanto a las Previsión de operaciones de Reutilización, se adopta el criterio de establecerse “en la misma obra” o por el contrario “en emplazamientos externos”.

7.5. MEDIDAS PARA LA SEPARACION DE LOS RESIDUOS EN OBRA

Será obligatorio separar los residuos generados en obra por fracciones. La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción dentro de la obra en que se produzcan.

7.6. VALORACION DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION

La valoración del coste previsto de la gestión correcta de los residuos de construcción, formará parte del presupuesto en futuras etapas del proyecto, se atenderá a la distinta tipología de los RCDs, definidos anteriormente.

8. CONCLUSIONES

Se ha elaborado la Memoria, Presupuesto, Planos, Pliego de Condiciones, Estudio Básico de Seguridad y Salud, y Anexos de un proyecto de tres plantas solares fotovoltaicas en la isla de Jamaica destinadas al autoconsumo: Jamalco de 9,16 MWp, Freetown de 1,07 MWp y Linstead 0,3 de MWp, con una potencia total instalada de 10.53 MWp.

El diseño y dimensionamiento se ha realizado de acuerdo con la legislación internacional pertinente (IEC). Para ello, se ha partido de las ubicaciones previstas y de las potencias de diseño, y mediante la herramienta PVsyst se ha elaborado un estudio de irradiación solar, de la producción de energía prevista y del rendimiento de las instalaciones. Atendiendo al bajo nivel de degradación anual de las células y a la alta disponibilidad se ha escogido el panel LR4-72HPH-455M de Jinko Solar con una potencia pico de 455 Wp en condiciones STC. Como inversores se han escogido los inversores SUN2000-185KTL-H1 y SUN60KTL-M0 de Huawei por su escalabilidad, modularidad y alta disponibilidad en el mercado. En base a estos equipos, se ha dimensionado las plantas como sigue: en Jamalco, se ha previsto la instalación de 20.130 paneles y 44 inversores, con un ratio DC/AC de 1,19; en Freetown, se ha previsto la instalación de 2.354 paneles y 12 inversores, con un ratio DC/AC de 1,49 y en Linstead, se ha previsto la instalación de 660 paneles y 4 inversores, con un ratio DC/AC de 1,25.

El total del proyecto supondrá una inversión de 8.513.145,72 € para una generación anual prevista de 15.515,2 MWh. En la planta de Jamalco, la inversión prevista es de 6.606.373,99 € o de 0,721 €/Wp, con un coste de generación de 10,01 €/MWh para una producción estimada de 13.562 MWh/año, y un periodo de retorno de 2,8 años; en la planta de Freetown, la inversión prevista es de 1.274.327,94 € o de 1,190 €/Wp, con un coste de generación de 8,27 €/MWh para una producción estimada de 1.522 MWh/año, y un periodo de retorno de 4,7 años y por último en la planta de Linstead, la inversión prevista es de 632.443,79 € o 2,106 €/Wp, con un coste de generación de 10,18 €/MWh para una producción estimada de 431,2 MWh/año y un periodo de retorno de 8,5 años.

Con todo esto, se puede concluir que el proyecto es viable tanto en su aspecto técnico como en su aspecto económico. Teniendo en cuenta que la vida útil de una instalación solar fotovoltaica es de 25 años, los periodos de retorno son inferiores a un tercio de la misma y esto hace que sea una inversión muy atractiva.

PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTO DESGLOSADO

Tabla 30 Presupuesto Desglosado de la Planta Fotovoltaica de Jamalco

Presupuesto de la Planta Fotovoltaica de Jamalco (9.159.150 Wp)						
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €	
01. Obra Civil						106.540,64 €
01.01. Losas y Cementaciones						37.221,24 €
ud	Cimentacion baculo CCTV 40x40x50 cm	29	-	169,96 €	4.928,84 €	
ud	Base para SW 2,5x2m	2	-	2.428,00 €	4.856,00 €	
ud	Base para Trafo 3x2x0,2m	2	-	5.463,00 €	10.926,00 €	
ud	Base para Main AC Box	2	-	1.214,00 €	2.428,00 €	
ud	Base Monitoring de 20 pies - 6 dados de 0,6x0,6x0,2m	1	-	6.070,00 €	6.070,00 €	
ud	Base para deposito de aguas residuales - 3,1x3,1x0,15m	1	-	971,20 €	971,20 €	
Ud	Base para fosa séptica	1	-	971,20 €	971,20 €	
Ud	Base para contenedor de almacén	1	-	6.070,00 €	6.070,00 €	
01.02. Caminos						40.183,40 €
ud	Caminos interiores de 3m profundidad de 25cm	100	103,19 €	-	10.319,00 €	
m²	Zonas de giro camiones	600	24,28 €	-	14.568,00 €	
ud	Mejora de vial existente	300	50,99 €	-	15.296,40 €	
01.03. Compound Area						29.136,00 €
ud	Preparación Compound area	2000	14,57 €	-	29.136,00 €	
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €	
02. Obra Electrica						1.273.386,77 €
02.01. Tubos						75.265,22 €
m	Tubo corrugado HDPE, de doble capa,interior lisa y exterior corrugada, de 63 mm	9163,73	2,79 €	2,48 €	48.281,49 €	
m	Tubo corrugado HDPE, de doble capa,interior lisa y exterior corrugada, de 160 mm	2314,40	3,64 €	4,25 €	18.262,93 €	
m	Tubo corrugado reforzado de PVC con resistencia UV y Ø 63mm en rollos, modelo Blindaflex	1158,63	2,67 €	4,86 €	8.720,79 €	
02.02. Zanjas						297.842,76 €
m	Zanja tipo drenaje paralelo a camino, de 0,6m de ancho y 15cm de profundidad con seccion triangular	850	-	8,50 €	7.223,30 €	
m	Zanja tipo drenaje paralelo a camino, de 1m de ancho y 25cm de profundidad con seccion triangular	100	-	14,57 €	1.456,80 €	
m	Cuneta de proteccion de estaciones de MT	40	-	36,42 €	1.456,80 €	
m	Zanja tierra edificios 400x600mm	320	-	14,57 €	4.661,76 €	
m	Zanja MT 800x1000mm	655	-	48,56 €	31.806,80 €	
m	Zanja BT 600x1100mm	2720	-	42,49 €	115.572,80 €	
m	Zanja CCTV/string 400x900mm	3630	-	30,35 €	110.170,50 €	
m	Zanja cruce de caminos 400x1200mm con recubrimiento hormigón C-25	60	-	424,90 €	25.494,00 €	
02.03. Cable String						226.636,13 €
m	Cable 1x4mm² Cu solar ZZ-F (AS)	8014,26	0,93 €	3,88 €	38.625,35 €	
m	Cable 1x6mm² Cu solar ZZ-F (AS)	33201,92	2,74 €	2,85 €	185.815,87 €	
m	Spare Parts 1x6mm² Cu solar ZZ-F (AS)	800	2,74 €	-	2.194,91 €	
02.04. Cable de agrupacion y terminales						281.665,89 €
m	Cable XZ1 ALLGROUND 1x240mm² Al 0,6/1KV según IEC 60228	24042,77	5,89 €	5,46 €	272.907,06 €	
ud	Terminal de compresión aluminio estañado para cable de 240mm²	200	4,25 €	21,85 €	5.220,20 €	
m	SPARES: Cable de Agrupacion DC 1x240mm2	601	5,89 €	-	3.538,63 €	
02.05. Cable SSAA						21.029,39 €
m	Cable 3G2,5mm² Cu, RV-K, 0,6/1KV	686,94	0,93 €	3,88 €	3.310,74 €	
m	Cable 3G6mm² Cu, RV-K, 0,6/1KV	3166	2,74 €	2,85 €	17.718,65 €	
02.06. Cable Comunicaciones						24.828,12 €
m	Cable FTP 5e (200 MHz), conductores rígido por hilos 4x2	1511,26	1,82 €	2,48 €	6.494,73 €	
m	Cable Fibra Óptica , Cable Ligero Exterior 8 FIBRAS OS2 9	4266	1,82 €	2,48 €	18.333,39 €	
02.07. Conectores						20.954,85 €
ud	MC4 Macho 4-6mm²	1342	-	3,04 €	4.072,97 €	
ud	MC4 Hembra 4-6mm²	1342	-	3,04 €	4.072,97 €	
ud	SPARE PARTS: MC4 Macho/hembra 4-6mm²	108	5,46 €	-	590,00 €	
ud	Conectores Y para union de 2 strings	1342	9,11 €	-	12.218,91 €	
02.08. Conexión Modulos						57.962,77 €
ud	Conexión módulo FV	20130	-	1,21 €	24.437,82 €	
ud	Bridas de acero inoxidable 0,3mm de espesor, ancho 7mm y longitud 450mm	642	0,97 €	2,48 €	2.213,46 €	
ud	Paquete de 100 bridas. Se emplearán bridas de 190 mm de largo y 2,5 mm de ancho sujeción	806	9,71 €	29,14 €	31.311,49 €	
02.09. Puesta a Tierra						56.495,92 €
ud	Pica de acero cobreado enrosicable de 1.5m longitud, Ø14.2mm	105	3,88 €	24,28 €	2.957,30 €	
m	Conductor desnudo 1x50mm² Cu (HDC)	3712,5	4,25 €	3,28 €	27.943,25 €	
m	Conductor de cobre aislado PaT mesas y subestructuras 16mm2	26	1,34 €	3,04 €	113,63 €	

DIMENSIONAMIENTO DE 3 PLANTAS FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO CON UNA POTENCIA TOTAL DE 10,5 MWp EN JAMAICA

ud	Terminales de cobre M10	850	3,52 €	11,41 €	12.692,37 €		
ud	Terminales de cobre M8	26	3,34 €	11,29 €	380,35 €		
ud	Soldaduras pica-cable, cable-cable	52	13,35 €	60,70 €	3.850,81 €		
ud	Crimp tipo C-C, de puesta a tierra 50 mm ²	850	4,94 €	4,95 €	8.409,99 €		
ud	Aluminio/acero - 25 mm ² Cu bimetálico						
ud	Instalación de crimp tipo U, de puesta a tierra Vallado - 35 mm ²	15	4,94 €	4,94 €	148,23 €		
02.10.	Instalacion Cuadros				38.168,16 €		
ud	Instalación y conexión de Cuadros SSAA en edificio Monitorización	1	-	910,50 €	910,50 €		
ud	Instalación y conexión de Cuadros SSAA en TX	2	-	789,10 €	1.578,20 €		
ud	Instalación y conexión de Cuadros Auxiliares, sobre losa	4	-	910,50 €	3.642,00 €		
ud	Instalación y conexión de Cuadros (Comm. Box), sobre estructura	22	-	789,10 €	17.360,20 €		
ud	Instalación y conexión de Antena Wifi incluyendo suministro mástil de 1,8 m y Ø 32 mm	4	-	461,32 €	1.845,28 €		
ud	Instalación y conexión de Antena GSM incluyendo mano de obra según tipo de instalación	1	-	424,90 €	424,90 €		
ud	Instalación y conexión de Piranómetro	3	-	388,48 €	1.165,44 €		
ud	Instalación y conexión de Anemómetro	1	-	424,90 €	424,90 €		
ud	Instalación y conexión de sonda de temperatura ambiente	4	-	145,68 €	582,72 €		
ud	Instalación y conexión de sonda de temperatura panel	4	-	145,68 €	582,72 €		
ud	Instalación eléctrica Monitoring House	1	-	7.891,00 €	7.891,00 €		
ud	Instalación y conexión de Equipo meteorológico incluyendo mástil de 3 m y Ø 60-76mm pat	1	-	1.153,30 €	1.153,30 €		
ud	Instalación y conexión de Cuadros Inversores (Main AC Boxes)	2	-	303,50 €	607,00 €		
02.11.	Inversores, Transformadores y Celdas				36.309,77 €		
ud	Instalación y conexión de inversores string	44	-	303,50 €	13.354,00 €		
ud	Instalación de faldones para inversor string	44	72,84 €	242,80 €	13.888,16 €		
ud	Instalación y conexión de transformadores	2	-	1.031,90 €	2.063,80 €		
ud	Instalación y conexión de Swichgear	2	-	1.031,90 €	2.063,80 €		
m	Cable 1x95mm ² RHSZ1 Al, 18/30 kV puentes trafo-celdas	108	4,49 €	13,60 €	1.953,57 €		
ud	Juego de 3 conectores acodados o rectos enchufables de media tensión hasta 36 kV	4	309,57 €	437,04 €	2.986,44 €		
02.12.	Cable Media Tension				101.021,80 €		
m	Cable unipolar RHSZ1 aluminio 18/30 kV, 1x240 mm ² Al	6312	8,50 €	7,04 €	98.083,43 €		
ud	Juego de 3 conectores acodados o rectos enchufables hasta 36 kV	8	3,10 €	364,20 €	2.938,37 €		
02.13.	Informes y Comprobaciones				35.206,00 €		
ud	DC test antes de conexión	1	-	13.354,00 €	13.354,00 €		
ud	Informe termografico durante funcionamiento a mas de 400W/m ² - IEC 62446	1	-	8.498,00 €	8.498,00 €		
ud	Verificación cableado en funcionamiento	1	-	8.498,00 €	8.498,00 €		
ud	Verificación cableado comunicaciones antes de la conexión	1	-	4.856,00 €	4.856,00 €		
	Unidad		Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
03.			AC Boxes				117.195,24 €
ud	AC Box 2 entradas con fusible seccionable	22	971,20 €	-	21.366,40 €		
ud	Cuadro de SSAA incluyendo TX	2	4.249,00 €	-	8.498,00 €		
ud	Faldones y soporte cuadros	24	303,50 €	-	7.284,00 €		
ud	Main AC Box 11 entradas con fusos y seccionador. Incluido analizador de redes	2	30.350,00 €	-	60.700,00 €		
ud	Transporte	2	6.677,00 €	-	13.354,00 €		
-	Spare Parts	-	-	-	5.992,84 €		
	Unidad		Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
04.			Inversores, Transformadores y Celdas				402.247,01 €
04.01.			Inversores				248.962,50 €
ud	Huawei 185KTL	44	5.118,75 €	-	225.225,00 €		
ud	SMARTACU + kit AntiPID	2	3.375,00 €	-	6.750,00 €		
ud	Transporte	1	6.750,00 €	-	6.750,00 €		
-	Spare Parts	-	-	-	10.237,50 €		
04.02.			Transformadores y Celdas				153.284,51 €
ud	Transformadores 4000 kVA	2	46.125,00 €	-	92.250,00 €		
ud	Celdas	2	22.500,00 €	-	45.000,00 €		
ud	Transporte	2	6.750,00 €	-	13.500,00 €		
-	Spare Parts	-	-	-	2.534,51 €		
	Unidad		Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
05.			Estructura				911.294,52 €
ud	Material Estructura	20130	35,22 €	-	709.054,09 €		
ud	Trasporte	19	7.875,00 €	-	149.625,00 €		
ud	Pull Out Test	1	45.000,00 €	-	45.000,00 €		
-	Spare Parts	-	-	-	7.615,43 €		
	Unidad		Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
06.			Instalacion de la Estructura				464.318,58 €
ud	Montaje	20130	23,07 €	-	464.318,58 €		

DIMENSIONAMIENTO DE 3 PLANTAS FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO CON UNA POTENCIA TOTAL DE 10,5 MWp EN JAMAICA

Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
07. Paneles					1.815.083,06 €
kWp	Paneles	9159,15	175,00 €	-	1.602.883,31 €
ud	Transporte	36	5.775,00 €	-	207.900,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	4.299,75 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
08. CCTV					189.629,46 €
ud	ADPRO FastTrace 2E RMG	29	983,34 €	-	28.516,86 €
ud	Camara térmica FC-313S	19	3.277,80 €	-	62.278,20 €
ud	Soporte pared camara termica	19	25,58 €	-	486,00 €
ud	Cámara SCB-5003H	10	173,60 €	-	1.736,02 €
ud	Óptica varifocal LMVZ550A-IR	10	121,40 €	-	1.214,00 €
ud	Contenedor para exterior en fundición de aluminio SAM-704	10	95,48 €	-	954,81 €
ud	Foco Infrarrojo para exterior CSM-FIR100	10	279,22 €	-	2.792,20 €
ud	Transceptor de vídeo pasivo de alta calidad NVT NV214A-M	29	50,07 €	-	1.451,90 €
ud	Transceptor de vídeo activo de 16 canales	2	3.373,55 €	-	6.747,10 €
ud	Armario rack 22U 900x600	2	932,24 €	-	1.864,49 €
ud	Columna cuadrada galvanizada de 3,5M	29	388,48 €	-	11.265,92 €
ud	MANGUERA ACRÍLICA 1000V. ACEFLEX RV-K 0,6/1Kv 3x6	2933	5,44 €	-	15.951,77 €
ud	Cuadro y protecciones	2	576,65 €	-	1.153,30 €
ud	SAI	1	2.610,10 €	-	2.610,10 €
ud	Instalacion	1	36.420,00 €	-	36.420,00 €
ud	Transporte	1	7.284,00 €	-	7.284,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	6.902,80 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
09. Comunicación y Monitorizacion					126.156,21 €
09.01. Sistema de Monitorizacion					86.846,89 €
ud	IPC_Esclavo + relé	2	2.185,20 €	-	4.370,40 €
ud	IPC_Main + relé	1	3.035,00 €	-	3.035,00 €
ud	Switch monitoring	1	1.214,00 €	-	1.214,00 €
ud	Router	1	2.185,20 €	-	2.185,20 €
ud	Satélite (hardware+2años)	1	6.070,00 €	-	6.070,00 €
ud	COMM-Rack indoor	1	1.214,00 €	-	1.214,00 €
ud	SAI comms-Rack	1	1.821,00 €	-	1.821,00 €
ud	Local Workstation	1	1.456,80 €	-	1.456,80 €
ud	PPC	1	24.280,00 €	-	24.280,00 €
ud	Commissioning and remote support	4	1.578,20 €	-	6.312,80 €
ud	Acommodation	1	4.370,40 €	-	4.370,40 €
ud	Licencia Software	1	20.638,00 €	-	20.638,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	9.879,29 €
09.02. Edificio de Monitorizacion					20.638,00 €
ud	Monitoring House 20 pies	1	15.782,00 €	-	15.782,00 €
ud	Container 20 pies para spare parts	1	4.856,00 €	-	4.856,00 €
09.03. Estacion Meteorologica					18.671,32 €
ud	Estación meteo	1	2.549,40 €	-	2.549,40 €
ud	Piranometro Hukse	2	1.942,40 €	-	3.884,80 €
ud	Piranometro Kipp	1	3.035,00 €	-	3.035,00 €
ud	Sonda Tª panel	4	315,64 €	-	1.262,56 €
ud	Sonda Tª ambiente	4	315,64 €	-	1.262,56 €
ud	Transporte	1	6.677,00 €	-	6.677,00 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
10. Vallado					282.431,03 €
m	Vallado Perimetral	3333	78,91 €	-	263.007,03 €
m	Vallado Transformador	50	72,84 €	-	3.642,00 €
ud	Puerta peatonal transformador	2	2.428,00 €	-	4.856,00 €
ud	Puertas principales	2	3.035,00 €	-	6.070,00 €
ud	Puertas parcelas pequeñas	2	2.428,00 €	-	4.856,00 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
11. Costes Indirectos					271.908,99 €
11.01. Trabajos Iniciales					64.796,97 €
ud	Topógrafo local	1	6.070,00 €	-	6.070,00 €
ud	Estudio hidrológico	1	4.856,00 €	-	4.856,00 €
ud	Reactive Capability and voltage range	1	3.642,00 €	-	3.642,00 €
ud	Fault ride through and fast fault current injection	1	4.856,00 €	-	4.856,00 €
ud	Frequency response (LFSM-O)	1	4.856,00 €	-	4.856,00 €
ud	Rapid voltage change, flicker emissions and harmonics	1	7.284,00 €	-	7.284,00 €
ud	Fault study and protection analysis (nosotros in-house)	1	4.856,00 €	-	4.856,00 €
ud	Estudio de tierras (in House)	1	4.856,00 €	-	4.856,00 €
ud	Ingeniería local externa-Visados/revisión	1	15.782,00 €	-	15.782,00 €
ud	Seguro EPC	1	7.738,97 €	-	7.738,97 €
11.02. Trabajos de Implementacion					126.158,88 €
ud	Casetas de obra: Baños, mobiliario, limpieza casetas, taquillas, Generadores, fosa septica, gasoleo y agua	34,64	3.642,00 €	-	126.158,88 €
11.03. Bienes y Servicios					2.428,00 €
ud	Alquiler de pequeña maquinaria	1	2.428,00 €	-	2.428,00 €

DIMENSIONAMIENTO DE 3 PLANTAS FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO CON UNA POTENCIA TOTAL DE 10,5 MWp EN JAMAICA

11.04. Seguridad, Salud y Gestion de Residuos					72.965,53 €
ud	Site Manager	34,64	910,50 €	-	31.539,72 €
ud	Laborer	34,64	485,60 €	-	16.821,18 €
ud	Gestión de residuos	9,16	849,80 €	-	7.783,45 €
ud	Traffic manager/Banskman	34,64	485,60 €	-	16.821,18 €
11.05. Trabajos Finales					5.559,60 €
ud	Retirada de obra	9,16	607,00 €	-	5.559,60 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
12. Costes Directos					214.341,78 €
	Ingenieria in House	1	24.280,00 €	-	24.280,00 €
	Aval EPC	1	22.238,42 €	-	22.238,42 €
	Viajes y alojamiento	8	8.012,40 €	-	64.099,20 €
	Project Manager	8	12.965,52 €	-	103.724,16 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
13. Desviaciones de la Planta					127.091,85 €
-	Desviaciones	-	-	-	127.091,85 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
14. Interconexion					297.979,90 €
ud	Trabajos Adaptacion Ssubestacion	1	65.110,50 €	-	65.110,50 €
km	Tendido de dos circuitos en linea aerea existente (unipolar)	1,08	205.723,98 €	-	222.181,90 €
ud	Entronque aereo-subterraneo	2	4.218,75 €	-	8.437,50 €
ud	Organismos de Certificación OCA's	1	2.250,00 €	-	2.250,00 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
15. Desviaciones de la Interconexion					6.768,95 €
-	Desviaciones	-	-	-	6.768,95 €
Precio Total (€)					6.606.373,98 €
Precio Total (€/Wp)					0,721
Precio Total (\$)					\$7.729.457,551
Precio Total (\$/Wp)					0,844
Cambio (€/)\$					1,17

Tabla 31 Presupuesto Desglosado de la Planta Fotovoltaica de Freetown

Presupuesto de la Planta Fotovoltaica de Freetown (1.071.070 Wp)					
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
01. Obra Civil					55.259,98 €
01.01. Losas y Cimentaciones					15.832,32 €
ud	Cimentacion baculo CCTV 40x40x50 cm	6	-	164,92	989,52 €
ud	Base para Main AC Box	1	-	1178,00	1.178,00 €
ud	Base Monitoring de 20 pies - 6 dados de 0,6x0,6x0,2m	1	-	5890,00	5.890,00 €
ud	Base para deposito de aguas residuales - 3,1x3,1x0,15m	1	-	942,40	942,40 €
ud	Base para fosa séptica	1	-	942,40	942,40 €
ud	Base para contenedor de almacén	1	-	5890,00	5.890,00 €
01.02. Caminos					25.291,66 €
ud	Caminos interiores de 3m profundidad de 25cm	182	-	100,13 €	18.223,66 €
m²	Zonas de giro camiones	300	-	23,56 €	7.068,00 €
01.03. Compound Area					14.136,00 €
ud	Preparación Compound area	1000	-	14,14 €	14.136,00 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
02. Obra Eléctrica					216.398,60 €
02.01. Tubos					5.905,72 €
m	Tubo corrugado HDPE, de doble capa, interior lisa y exterior corrugada, de 63 mm	978,42	2,71 €	2,40 €	5.002,20 €
m	Tubo corrugado reforzado de PVC con resistencia UV y Ø 63mm en rollos, modelo Blindaflex	123,71	2,59 €	4,71 €	903,52 €
02.02. Zanjas					67.136,58 €
m	Zanja tipo drenaje paralelo a camino, de 0,6m de ancho	182	-	8,25 €	1.500,77 €
m	Zanja tipo drenaje paralelo a camino, de 1m de ancho y	200	-	14,14 €	2.827,20 €
m	Cuneta de proteccion de estaciones de MT	20	-	35,34 €	706,80 €
m	Zanja tierra edificios 400x600mm	760	-	14,14 €	10.743,36 €
m	Zanja BT 600x1100mm	485	-	41,23 €	19.996,55 €
m	Zanja CCTV/string 400x900mm	701	-	27,09 €	18.992,89 €
m	Zanja cruce de caminos 400x1200mm con recubrimiento	30	-	412,30 €	12.369,00 €
02.03. Cable String					22.724,12 €
m	Cable 1x4mm² Cu solar ZZ-F (AS)	787,24	0,91 €	3,77 €	3.681,64 €
m	Cable 1x6mm² Cu solar ZZ-F (AS)	3261,41	2,66 €	2,77 €	17.711,34 €
m	Spare Parts 1x6mm² Cu solar ZZ-F (AS)	500	2,66 €	-	1.331,14 €
02.04. Cable de agrupación y terminales					35.246,32 €
m	Cable XZ1 ALLGROUND 1x240mm² Al 0,6/1KV según IEC 60228	2811,56	5,71 €	5,30 €	30.967,35 €
ud	Terminal de compresión aluminio estañado para cable de 240mm²	150	4,12 €	21,20 €	3.799,05 €
m	SPARES: Cable de Agrupacion DC 1x240mm²	84	5,71 €	-	479,92 €
02.05. Cable SSAA					3.918,54 €
m	Cable 3G2.5mm² Cu, RV-K, 0.6/1KV	53,55	0,91 €	3,77 €	250,45 €
m	Cable 3G6mm² Cu, RV-K, 0.6/1KV	675,45	2,66 €	2,77 €	3.668,09 €
02.06. Cable Comunicaciones					3.306,14 €
m	Cable FTP 5e (200 MHz), conductores rígido por hilos 4x2x0.34mm	117,82	1,77 €	2,40 €	491,31 €
m	Cable Fibra Óptica , Cable Ligero Exterior 8 FIBRAS OS2 9/125 G.652.D	675,00	1,77 €	2,40 €	2.814,83 €
02.07. Conectores					1.546,71 €
ud	MC4 Macho 4-6mm²	214	-	2,95 €	630,23 €
ud	MC4 Hembra 4-6mm²	214	-	2,95 €	630,23 €
ud	SPARE PARTS: MC4 Macho/hembra 4-6mm²	54	5,30 €	-	286,25 €
02.08. Conexión Módulos					5.700,34 €
ud	Conexión módulo FV	2354	-	1,18 €	2.773,01 €
ud	Bridas de acero inoxidable 0,3mm de espesor, ancho 7mm y longitud 450mm	75	0,94 €	2,40 €	250,91 €
ud	Paquete de 100 bridas. Se emplearán bridas de 190 mm de largo y 2,5 mm de ancho sujeción	71	9,42 €	28,27 €	2.676,42 €
02.09. Puesta a Tierra					14.216,99 €
ud	Pica de acero cobreado enrocable de 1.5m longitud, Ø14.2mm	34	3,77 €	23,56 €	929,21 €
m	Conductor desnudo 1x50mm² Cu (HDC)	533,50	4,12 €	3,18 €	3.896,47 €
m	Conductor de cobre aislado PaT mesas y subestructuras 16mm²	7	1,30 €	2,95 €	29,69 €
ud	Terminales de cobre M10	350	3,42 €	11,07 €	5.071,29 €
ud	Terminales de cobre M8	7	3,24 €	10,96 €	99,36 €

DIMENSIONAMIENTO DE 3 PLANTAS FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO CON UNA POTENCIA TOTAL DE 10,5 MWp EN JAMAICA

ud	Soldaduras pica-cable, cable-cable	14	12,96 €	58,90 €	1.006,01 €
ud	Crimp tipo C-C, de puesta a tierra 50 mm²	350	4,12 €	4,81 €	3.125,23 €
ud	Aluminio/acero - 25 mm² Cu bimetálico				
ud	Instalación de crimp tipo U, de puesta a tierra Vallado - 35 mm²	10	1,18 €	4,79 €	59,72 €
02.10. Instalacion Cuadros		18.765,54 €			
ud	Instalación y conexión de Cuadros SSAA en edificio Mor	1	-	883,50 €	883,50 €
ud	Instalación y conexión de Cuadros Auxiliares, sobre losa	2	-	883,50 €	1.767,00 €
ud	Instalación y conexión de Cuadros (Comm. Box), sobre e	6	-	765,70 €	4.594,20 €
ud	Instalación y conexión de Antena Wifi incluyendo sumir	2	-	447,64 €	895,28 €
ud	Instalación y conexión de Antena GSM incluyendo mand	1	-	412,30 €	412,30 €
ud	Instalación y conexión de Piranómetro	2	-	376,96 €	753,92 €
ud	Instalación y conexión de Anemómetro	1	-	412,30 €	412,30 €
ud	Instalación y conexión de sonda de temperatura ambier	2	-	141,36 €	282,72 €
ud	Instalación y conexión de sonda de temperatura panel	2	-	141,36 €	282,72 €
ud	Instalación eléctrica Monitoring House	1	-	7.068,00 €	7.068,00 €
ud	Instalación y conexión de Equipo meteorológico incluye	1	-	1.119,10 €	1.119,10 €
ud	Instalación y conexión de Cuadros Inversores (Main AC)	1	-	294,50 €	294,50 €
02.11. Inversores, Transformadores y Celdas		9.659,60 €			
ud	Instalación y conexión de inversores string	12	-	294,50 €	3.534,00 €
ud	Instalación de faldones para inversor string	12	70,68 €	235,60 €	3.675,36 €
ud	Instalación y conexión de Swichgear	1	-	1.001,30 €	1.001,30 €
ud	Juego de 3 conectores acodados o rectos enchufables de media tensión hasta 36 kV	2	300,39 €	424,08 €	1.448,94 €
02.12. Informes y Comprobaciones		28.272,00 €			
ud	DC test antes de conexión	1	-	10.602,00 €	10.602,00 €
ud	Informe termografico durante funcionamiento a mas de 400W/m² - IEC 62446	1	-	7.068,00 €	7.068,00 €
ud	Verificación cableado en funcionamiento	1	-	7.068,00 €	7.068,00 €
ud	Verificación cableado comunicaciones antes de la conexión	1	-	3.534,00 €	3.534,00 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
03. AC Boxes		37.169,48 €			
ud	AC Box 2 entradas con fusible seccionable	6	942,40 €	-	5.654,40 €
ud	Faldones y soporte cuadros	6	294,50 €	-	1.767,00 €
ud	Main AC Box 6 entradas con fusible y seccionador	1	21.204,00 €	-	21.204,00 €
ud	Transporte	1	6.479,00 €	-	6.479,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	2.065,08 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
04. Inversores, Transformadores y Celdas		47.193,75 €			
04.01. Inversores		47.193,75 €			
ud	Huawei 60KTL	12	2.981,25 €	-	35.775,00 €
ud	SMARTACU + kit AntiPID	1	1.687,50 €	-	1.687,50 €
ud	Trasnporte	1	6.750,00 €	-	6.750,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	2.981,25 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
05. Estructura		131.025,99 €			
ud	Material Estructura	2354	34,81 €	-	81.936,86 €
ud	Trasnporte	3	7.875,00 €	-	23.625,00 €
ud	Pull Out Test	1	22.500,00 €	-	22.500,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	2.964,14 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
06. Instalación de la Estructura		71.904,20 €			
ud	Montaje	2354	-	22,38 €	52.687,23 €
ud	Pre-drilling	2354	-	8,16 €	19.216,97 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
07. Paneles		218.465,87 €			
kWp	Paneles	1071,07	175,00 €	-	187.441,00 €
ud	Transporte	5	5.775,00 €	-	28.875,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	2.149,88 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
08. CCTV		78.352,82 €			
ud	ADPRO FastTrace 2E RMG	6	954,18 €	-	5.725,08 €
ud	Camara térmica FC-313S	6	3.180,60 €	-	19.083,60 €
ud	Soporte pared camara termica	6	24,82 €	-	148,92 €
ud	Transceptor de vídeo pasivo de alta calidad NVT NV2144	6	48,58 €	-	291,48 €
ud	Transceptor de vídeo activo de 16 canales	1	3.273,51 €	-	3.273,51 €
ud	Armario rack 22U 900x600	2	904,60 €	-	1.809,20 €
ud	Columna cuadrada galvanizada de 3,5M	6	376,96 €	-	2.261,76 €
ud	MANGUERA ACRÍLICA 1000V. ACEFLEX RV-K 0,6/1kV 3x6	311	5,28 €	-	1.641,28 €
ud	Cable FTP	467	2,12 €	-	990,23 €
ud	Cuadro y protecciones	1	559,55 €	-	559,55 €
ud	SAI	1	2.532,70 €	-	2.532,70 €
ud	Instalacion	1	-	29.450,00 €	29.450,00 €
ud	Transporte	1	7.068,00 €	-	7.068,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	3.517,51 €

DIMENSIONAMIENTO DE 3 PLANTAS FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO CON UNA POTENCIA TOTAL DE 10,5 MWp EN JAMAICA

Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
09. Comunicación y Monitorización					111.648,98 €
09.01. Sistema de Monitorización					85.224,98 €
ud	IPC_Esclavo + relé	1	2.120,40 €	-	2.120,40 €
ud	IPC_Main + relé	1	2.945,00 €	-	2.945,00 €
ud	Switch monitoring	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	Router	1	2.120,40 €	-	2.120,40 €
ud	Satélite (hardware+2años)	1	4.712,00 €	-	4.712,00 €
ud	COMM-Rack indoor	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	SAI comms-Rack	1	1.767,00 €	-	1.767,00 €
ud	Local Workstation	1	1.413,60 €	-	1.413,60 €
ud	PPC	1	23.560,00 €	-	23.560,00 €
ud	Commissioning and remote support	3	1.531,40 €	-	4.594,20 €
ud	Acommodation	1	4.240,80 €	-	4.240,80 €
ud	Licencia Software	1	20.026,00 €	-	20.026,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	15.369,58 €
09.02. Edificio de Monitorización					17.000,00 €
ud	Monitoring House 20 pies	1	15.314,00 €	-	13.000,00 €
ud	Container 20 pies para spare parts	1	4.712,00 €	-	4.000,00 €
09.03. Estacion Meteorologica					9.424,00 €
ud	Estación meteo	1	2.473,80 €	-	2.473,80 €
ud	Piranometro Hukse	2	1.884,80 €	-	3.769,60 €
ud	Sonda Tª panel	2	306,28 €	-	612,56 €
ud	Sonda Tª ambiente	2	306,28 €	-	612,56 €
ud	Estructura soporte sensores	2	94,24 €	-	188,48 €
ud	Transporte	1	1.767,00 €	-	1.767,00 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
10. Vallado					57.386,27 €
m	Vallado Perimetral	711	76,57 €	-	54.441,27 €
ud	Puertas principales	1	2.945,00 €	-	2.945,00 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
11. Costes Indirectos					128.802,41 €
11.01. Trabajos Iniciales					10.521,70 €
ud	Topógrafo local	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	Estudio hidrológico	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	Reactive Capability and voltage range	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	Fault ride through and fast fault current injection	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	Frequency response (LFSM-O)	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	Rapid voltage change, flicker emissions and harmonics	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	Fault study and protection analysis (nosotros in-house)	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	Estudio de tierras (in House)	1	1.178,00 €	-	1.178,00 €
ud	Seguro EPC	1	1.097,70 €	-	1.097,70 €
11.02. Trabajos de Implementación					45.906,66 €
ud	Casetas de obra: Baños, mobiliario, limpieza casetas, taquillas, Generadores, fosa septica, gasoleo y agua	12,99	3.534,00 €	-	45.906,66 €
11.03. Seguridad					45.141,55 €
ud	Vigilante de seguridad	2	22.570,77 €	-	45.141,55 €
11.04. Bienes y Servicios					2.000,00 €
ud	Alquiler de pequeña maquinaria	1	2.356,00 €	-	2.000,00 €
11.05. Seguridad, Salud y Gestion de Residuos					24.601,65 €
ud	Site Manager	12,99	883,50 €	-	11.476,67 €
ud	Laborer	12,99	471,20 €	-	6.120,89 €
ud	Gestión de residuos	1,07	824,60 €	-	883,20 €
ud	Traffic manager/Banskman	12,99	471,20 €	-	6.120,89 €
11.06. Trabajos Finales					630,86 €
ud	Retirada de obra	1,07	589,00 €	-	630,86 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
12. Costes Directos					89.289,67 €
ud	Ingeniería in House	1	11.780,00 €	-	11.780,00 €
ud	Aval EPC	1	3.154,31 €	-	3.154,31 €
ud	Viajes y alojamiento	3	8.010,40 €	-	24.031,20 €
ud	Project Manager	3	16.774,72 €	-	50.324,16 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
13. Desviaciones de la Planta					31.429,92 €
-	Desviaciones	-	-	-	31.429,92 €
Precio Total (€)					1.274.327,95 €
Precio Total (€/Wp)					1,190
Precio Total (\$)					\$1.490.963,697
Precio Total (\$/Wp)					1,392
Cambio (€/€)					1,17

Tabla 32 Presupuesto Desglosado de la Planta Fotovoltaica de Linstead

Presupuesto de la Planta Fotovoltaica de Linstead (300.300 Wp)						
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €	
01. Obra Civil						40.162,87 €
01.01. Losas y Cimentaciones						15.507,80 €
ud	Cimentacion baculo CCTV 40x40x50 cm	5	-	163,24 €	816,20 €	
ud	Base para Main AC Box	1	-	1.166,00 €	1.166,00 €	
ud	Base Monitoring de 20 pies - 6 dados de 0,6x0,6x0,2m	1	-	5.830,00 €	5.830,00 €	
ud	Base para deposito de aguas residuales - 3,1x3,1x0,15m	1	-	932,80 €	932,80 €	
Ud	Base para fosa séptica	1	-	932,80 €	932,80 €	
Ud	Base para contenedor de almacén	1	-	5.830,00 €	5.830,00 €	
01.02. Caminos						10.663,07 €
ud	Caminos interiores de 3m profundidad de 25cm	37	-	99,11 €	3.667,07 €	
m²	Zonas de giro camiones	300	-	23,32 €	6.996,00 €	
01.03. Compound Area						13.992,00 €
ud	Preparación Compound area	1000	-	13,99 €	13.992,00 €	
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €	
02. Obra Eléctrica						110.733,67 €
02.01. Tubos						1.638,94 €
m	Tubo corrugado HDPE, de doble capa, interior lisa y exterior corrugada, de 63 mm	274,32	2,68 €	2,38 €	1.388,20 €	
m	Tubo corrugado reforzado de PVC con resistencia UV y Ø 63mm en rollos, modelo Blindaflex	34,68	2,57 €	4,66 €	250,74 €	
02.02. Zanjas						34.331,70 €
m	Zanja tipo drenaje paralelo a camino, de 0,6m de ancho y 15cm de profundidad con seccion triangular	37	-	8,16 €	301,99 €	
m	Zanja tipo drenaje paralelo a camino, de 1m de ancho y 25cm de profundidad con seccion triangular	100	-	13,99 €	1.399,20 €	
m	Cuneta de proteccion de estaciones de MT	20	-	34,98 €	699,60 €	
m	Zanja tierra edificios 400x600mm	280	-	13,99 €	3.917,76 €	
m	Zanja BT 600x1100mm	190	-	40,81 €	7.753,90 €	
m	Zanja CCTV/string 400x900mm	275	-	29,15 €	8.016,25 €	
m	Zanja cruce de caminos 400x1200mm con recubrimiento hormigón C-25	30	-	408,10 €	12.243,00 €	
02.03. Cable String						7.254,51 €
m	Cable 1x4mm² Cu solar ZZ-F (AS)	220,72	0,90 €	3,73 €	1.021,72 €	
m	Cable 1x6mm² Cu solar ZZ-F (AS)	914,41	2,64 €	2,74 €	4.915,21 €	
m	Spare Parts 1x6mm² Cu solar ZZ-F (AS)	500	2,64 €	-	1.317,58 €	
02.04. Cable de agrupacion y terminales						11.276,44 €
m	Cable XZ1 ALLGROUND 1x240mm² Al 0,6/1KV según IEC 60228	882,882	5,66 €	5,25 €	9.625,27 €	
ud	Terminal de compresion aluminio estañado para cable de 240mm²	60	4,08 €	20,99 €	1.504,14 €	
m	SPARES: Cable de Agrupacion DC 1x240mm2	26	5,66 €	-	147,03 €	
02.05. Cable SSAA						1.499,32 €
m	Cable 3G2.5mm² Cu, RV-K, 0,6/1KV	15	0,90 €	3,73 €	69,50 €	
m	Cable 3G6mm² Cu, RV-K, 0,6/1KV	266	2,64 €	2,74 €	1.429,82 €	
02.06. Cable Comunicaciones						1.234,30 €
m	Cable FTP 5e (200 MHz), conductores rígido por hilos 4x2x0.34mm	33,033	1,75 €	2,38 €	136,35 €	
m	Cable Fibra Óptica, Cable Ligero Exterior 8 FIBRAS OS2 9/125 G.652.D	266	1,75 €	2,38 €	1.097,95 €	
02.07. Conectores						1.157,84 €
ud	MC4 Macho 4-6mm²	60	-	2,92 €	174,90 €	
ud	MC4 Hembra 4-6mm²	60	-	2,92 €	174,90 €	
ud	SPARE PARTS: MC4 Macho/hembra 4-6mm²	54	5,25 €	-	283,34 €	
ud	Conectores Y para union de 2 strings	60	8,75 €	-	524,70 €	
02.08. Conexión Módulos						4.116,54 €
ud	Conexión módulo FV	660	-	1,17 €	769,56 €	
ud	Bridas de acero inoxidable 0,3mm de espesor, ancho 7mm y longitud 450mm	22	0,93 €	2,38 €	72,85 €	
ud	Paquete de 100 bridas. Se emplearán bridas de 190 mm de largo y 2,5 mm de ancho sujeción	27	93,28 €	27,98 €	3.274,13 €	
02.09. Puesta a Tierra						10.737,17 €
ud	Pica de acero cobreado enrocable de 1.5m longitud, Ø14.2mm	13	3,73 €	23,32 €	351,67 €	
m	Conductor desnudo 1x50mm² Cu (HDC)	209	4,08 €	3,15 €	1.510,90 €	
m	Conductor de cobre aislado PaT mesas y subestructuras 16mm2	3	1,28 €	2,92 €	12,59 €	
ud	Terminales de cobre M10	350	3,38 €	10,96 €	5.019,63 €	

DIMENSIONAMIENTO DE 3 PLANTAS FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO CON UNA POTENCIA TOTAL DE 10,5 MWp EN JAMAICA

ud	Terminales de cobre M8	3	3,21 €	10,84 €	42,15 €	
ud	Soldaduras pica-cable, cable-cable	6	12,83 €	58,30 €	426,76 €	
ud	Crimp tipo C-C, de puesta a tierra 50 mm²	350	4,75 €	4,76 €	3.326,02 €	
ud	Aluminio/acero - 25 mm² Cu bimetálico					
ud	Instalación de crimp tipo U, de puesta a tierra Vallado - 35 mm²	5	4,75 €	4,75 €	47,46 €	
02.10.	Instalacion Cuadros				13.618,88 €	
ud	Instalación y conexión de Cuadros SSAA en edificio Monitorización	1	-	874,50 €	874,50 €	
ud	Instalación y conexión de Cuadros (Comm. Box), sobre estructura	2	-	757,90 €	1.515,80 €	
ud	Instalación y conexión de Antena Wifi incluyendo suministro mástil de 1,8 m y Ø 32 mm	2	-	443,08 €	886,16 €	
ud	Instalación y conexión de Antena GSM incluyendo mano de obra según tipo de instalación	1	-	408,10 €	408,10 €	
ud	Instalación y conexión de Piranómetro	2	-	373,12 €	746,24 €	
ud	Instalación y conexión de Anemómetro	1	-	408,10 €	408,10 €	
ud	Instalación y conexión de sonda de temperatura ambiente	2	-	139,92 €	279,84 €	
ud	Instalación y conexión de sonda de temperatura panel	2	-	139,92 €	279,84 €	
ud	Instalación eléctrica Monitoring House	1	-	6.996,00 €	6.996,00 €	
ud	Instalación y conexión de Equipo meteorológico incluyendo mástil de 3 m y Ø 60-76mm pat	1	-	932,80 €	932,80 €	
ud	Instalación y conexión de Cuadros Inversores (Main AC Boxes)	1	-	291,50 €	291,50 €	
02.11.	Inversores, Transformadores y Celdas				5.795,02 €	
ud	Instalación y conexión de inversores string	4	-	291,50 €	1.166,00 €	
ud	Instalación de faldones para inversor string	4	69,96 €	233,20 €	1.212,64 €	
ud	Instalación y conexión de Swichgear	2	-	991,10 €	1.982,20 €	
ud	Juego de 3 conectores acodados o rectos enchufables d	2	297,33 €	419,76 €	1.434,18 €	
02.12.	Informes y Comprobaciones				18.073,00 €	
ud	DC test antes de conexión	1	-	6.996,00 €	6.996,00 €	
ud	Informe termografico durante funcionamiento a mas de 400W/m² - IEC 62446	1	-	4.664,00 €	4.664,00 €	
ud	Verificación cableado en funcionamiento	1	-	4.664,00 €	4.664,00 €	
ud	Verificación cableado comunicaciones antes de la conexión	1	-	1.749,00 €	1.749,00 €	
	Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
03.	AC Boxes					27.346,24 €
ud	AC Box 2 entradas con fusible seccionable	2	932,80 €	-	1.865,60 €	
ud	Faldones y soporte cuadros	2	349,80 €	-	699,60 €	
ud	Main AC Box 2 entradas con fusible y seccionador	1	16.324,00 €	-	16.324,00 €	
ud	Transporte	1	6.413,00 €	-	6.413,00 €	
-	Spare Parts	-	-	-	2.044,04 €	
	Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
04.	Inversores, Transformadores y Celdas					25.031,25 €
04.01.	Inversores					25.031,25 €
ud	Huawei 60KTL	4	2.981,25 €	-	11.925,00 €	
ud	SMARTACU + kit AntiPID	1	3.375,00 €	-	3.375,00 €	
ud	Trasnporte	1	6.750,00 €	-	6.750,00 €	
-	Spare Parts	-	-	-	2.981,25 €	
	Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
05.	Estructura					45.840,60 €
ud	Material Estructura	660	35,80 €	-	23.626,35 €	
ud	Trasnporte	1	7.875,00 €	-	7.875,00 €	
ud	Pull Out Test	1	11.250,00 €	-	11.250,00 €	
-	Spare Parts	-	-	-	3.089,25 €	
	Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
06.	Instalacion de la Estructura					19.954,69 €
ud	Montaje	660	22,15 €	-	14.621,64 €	
ud	Pre-drilling	660	8,08 €	-	5.333,05 €	
	Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
07.	Paneles					66.263,93 €
kWp	Paneles	300,30	175,00 €	-	52.553,55 €	
ud	Transporte	2	5.775,00 €	-	11.550,00 €	
-	Spare Parts	-	-	-	2.160,38 €	
	Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
08.	CCTV					70.411,52 €
ud	ADPRO FastTrace 2E RMG	5	944,46 €	-	4.722,30 €	
ud	Camara térmica FC-313S	5	3.148,20 €	-	15.741,00 €	
ud	Soporte pared camara termica	5	24,57 €	-	122,84 €	
ud	Transceptor de vídeo pasivo de alta calidad NVT NV214A-M	5	48,09 €	-	240,43 €	
ud	Transceptor de vídeo activo de 16 canales	1	3.240,16 €	-	3.240,16 €	
ud	Armario rack 22U 900x600	2	895,38 €	-	1.790,77 €	

DIMENSIONAMIENTO DE 3 PLANTAS FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO CON UNA POTENCIA TOTAL DE 10,5 MWp EN JAMAICA

ud	Columna cuadrada galvanizada de 3,5M	5	373,12 €	-	1.865,60 €
ud	Cuadro y protecciones	1	553,85 €	-	553,85 €
ud	SAI	1	2.506,90 €	-	2.506,90 €
ud	Instalacion	1	29.150,00 €	-	29.150,00 €
ud	Transporte	1	6.996,00 €	-	6.996,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	3.481,68 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
09. Comunicación y Monitorización					84.706,61 €
09.01. Sistema de Monitorizacion					55.556,61 €
ud	IPC_Esclavo + relé	1	2.098,80 €	-	2.098,80 €
ud	IPC_Main + relé	1	2.915,00 €	-	2.915,00 €
ud	Switch monitoring	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	Router	1	2.098,80 €	-	2.098,80 €
ud	Wimax 2 años	1	2.098,80 €	-	2.098,80 €
ud	COMM-Rack indoor	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	SAI comms-Rack	1	1.749,00 €	-	1.749,00 €
ud	Commissioning and remote support	2	1.515,80 €	-	3.031,60 €
ud	Acommodation	1	4.197,60 €	-	4.197,60 €
ud	Licencia Software	1	19.822,00 €	-	19.822,00 €
-	Spare Parts	-	-	-	15.213,01 €
09.02. Edificio de Monitorizacion					19.822,00 €
ud	Monitoring House 20 pies	1	15.158,00 €	-	15.158,00 €
ud	Container 20 pies para spare parts	1	4.664,00 €	-	4.664,00 €
09.03. Estacion Meteorologica					9.328,00 €
ud	Estación meteo	1	2.448,60 €	-	2.448,60 €
ud	Piranometro Hukse	2	1.865,60 €	-	3.731,20 €
ud	Sonda Tª panel	2	303,16 €	-	606,32 €
ud	Sonda Tª ambiente	2	303,16 €	-	606,32 €
ud	Estructura soporte sensores	2	93,28 €	-	186,56 €
ud	Transporte	1	1.749,00 €	-	1.749,00 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
10. Vallado					24.136,20 €
m	Vallado Perimetral	280	75,79 €	-	21.221,20 €
ud	Puertas principales	1	2.915,00 €	-	2.915,00 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
11. Costes Indirectos					73.222,61 €
11.01. Trabajos Iniciales					9.632,63 €
ud	Topógrafo local	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	Estudio hidrológico	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	Reactive Capability and voltage range	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	Fault ride through and fast fault current injection	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	Frequency response (LFSM-O)	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	Rapid voltage change, flicker emissions and harmonics	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	Fault study and protection analysis (nosotros in-house)	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	Estudio de tierras (in House)	1	1.166,00 €	-	1.166,00 €
ud	Seguro EPC	1	304,63 €	-	304,63 €
11.02. Trabajos de Implementacion					30.292,68 €
ud	Casetas de obra: Baños, mobiliario, limpieza casetas, taquillas, Generadores, fosa septica, gasoleo y agua	8,66	3.498,00 €	-	30.292,68 €
11.03. Seguridad					14.893,90 €
ud	Vigilante de seguridad	1	14.893,90 €	-	14.893,90 €
11.04. Bienes y Servicios					2.332,00 €
ud	Alquiler de pequeña maquinaria	1	2.332,00 €	-	2.332,00 €
11.05. Seguridad, Salud y Gestion de Residuos					15.896,32 €
ud	Site Manager	8,66	874,50 €	-	7.573,17 €
ud	Laborer	8,66	466,40 €	-	4.039,02 €
ud	Gestión de residuos	0,3003	816,20 €	-	245,10 €
ud	Traffic manager/Banskman	8,66	466,40 €	-	4.039,02 €
11.06. Trabajos Finales					175,07 €
ud	Retirada de obra	0,3003	583,00 €	-	175,07 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
12. Costes Directos					31.238,01 €
ud	Ingenieria in House	1	5.830,00 €	-	5.830,00 €
ud	Aval EPC	1	875,37 €	-	875,37 €
ud	Viajes y alojamiento	2	3.964,40 €	-	7.928,80 €
ud	Project Manager	2	8.301,92 €	-	16.603,84 €
Unidad	Item	Cantidad	€/ud material	€/ud instalación	Total €
13. Desviaciones de la Planta					13.395,59 €
-	Desviaciones	-	-	-	13.395,59 €
Precio Total (€)					632.443,80 €
Precio Total (€/Wp)					2,106
Precio Total (\$)					\$739.959,241
Precio Total (\$/Wp)					2,464
Cambio (€/€)					1,17

2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Tabla 33 Resumen del Presupuesto de la Planta Fotovoltaica de Jamalco

Resumen del Presupuesto de Jamalco		
Potencia Pico: 9.159.150 Wp	€	€/Wp
Obra Civil	106.540,64 €	0,0116
Obra Eléctrica	1.273.386,77 €	0,1390
AC Boxes	117.195,24 €	0,0128
Inversores, Transformadores y Celdas	402.247,01 €	0,0439
Estructura	911.294,52 €	0,0995
Instalación de la Estructura	464.318,58 €	0,0507
Módulos Fotovoltaicos	1.815.083,06 €	0,1982
CCTV	189.629,46 €	0,0207
Comunicación y Monitorización	126.156,21 €	0,0138
Vallado	282.431,03 €	0,0308
Costes Indirectos	271.908,99 €	0,0297
Costes Directos	214.341,78 €	0,0234
Desviaciones	127.091,85 €	0,0139
Interconexion	297.979,90 €	0,0325
Desviaciones	6.768,95 €	0,0007
Coste Total (€)	6.606.373,99	0,721
Coste Total (\$)	7.729.457,57	0,844
	Cambio (€/€)	1,17

El presupuesto de ejecución material de Freetown asciende a la cantidad de 6.606.373,99 € o 7.729.457,57 \$.

Tabla 34 Resumen del Presupuesto de la Planta Fotovoltaica de Freetown

Resumen del Presupuesto de Freetown		
Potencia Pico: 1.071.070 Wp	€	€/Wp
Obra Civil	55.259,98 €	0,0516
Obra Eléctrica	216.398,60 €	0,2020
AC Boxes	37.169,48 €	0,0347
Inversores, Transformadores y Celdas	47.193,75 €	0,0441
Estructura	131.025,99 €	0,1223
Instalación de la Estructura	71.904,20 €	0,0671
Módulos Fotovoltaicos	218.465,87 €	0,2040
CCTV	78.352,82 €	0,0732
Comunicación y Monitorización	111.648,98 €	0,1042
Vallado	57.386,27 €	0,0536
Costes Indirectos	128.802,41 €	0,1203
Costes Directos	89.289,67 €	0,0834
Desviaciones	31.429,92 €	0,0293
Interconexion	-	-
Desviaciones	-	-
Coste Total (€)	1.274.327,94	1,190
Coste Total (\$)	1.490.963,69	1,235
	Cambio (€/€)	1,17

El presupuesto de ejecución material de Freetown asciende a la cantidad de 1.274.327,94 € o 1.490.963,69 \$.

Tabla 35 Resumen del Presupuesto de la Planta Fotovoltaica de Linstead

Resumen del Presupuesto de Linstead		
Potencia Pico: 300.300 Wp	€	€/Wp
Obra Civil	40.162,87 €	0,1337
Obra Eléctrica	110.733,67 €	0,3687
AC Boxes	27.346,24 €	0,0911
Inversores, Transformadores y Celdas	25.031,25 €	0,0834
Estructura	45.840,60 €	0,1526
Instalación de la Estructura	19.954,69 €	0,0664
Módulos Fotovoltaicos	66.263,93 €	0,2207
CCTV	70.411,52 €	0,2345
Comunicación y Monitorización	84.706,61 €	0,2821
Vallado	24.136,20 €	0,0804
Costes Indirectos	73.222,61 €	0,2438
Costes Directos	31.238,01 €	0,1040
Desviaciones	13.395,59 €	0,0446
Interconexion	-	-
Desviaciones	-	-
Coste Total (€)	632.443,79	2,106
Coste Total (\$)	739.959,23	2,464
	Cambio (€/€)	1,17

El presupuesto de ejecución material de Freetown asciende a la cantidad de 632.443,79 € o 739.959,23 \$.

Tabla 36 Resumen del Presupuesto de la Plantas Fotovoltaicas del Proyecto

Resumen del Presupuesto del Proyecto	
Potencia Pico: 10.530.520 Wp	€
Obra Civil	201.963,49
Obra Eléctrica	1.600.519,04
AC Boxes	181.710,96
Inversores, Transformadores y Celdas	474.472,01
Estructura	1.088.161,11
Instalación de la Estructura	556.177,47
Módulos Fotovoltaicos	2.099.812,86
CCTV	338.393,80
Comunicación y Monitorización	322.511,80
Vallado	363.953,50
Costes Indirectos	473.934,01
Costes Directos	334.869,46
Desviaciones	171.917,36
Interconexion	297.979,90
Desviaciones	6.768,95
Coste Total (€)	8.513.145,72
Coste Total (\$)	9.960.380,49
	Cambio (€/€)
	1,17

El presupuesto de ejecución material total del proyecto asciende a la cantidad de 8.513.145,72€ o 9.960.380,49 \$.

3. PRESUPUESTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (O&M)

El precio de operación y mantenimiento (O&M) de las plantas para los dos primeros años del periodo de garantía del contratista, se cotiza a parte del presupuesto de ejecución material de las plantas. Como se puede ver en las siguientes tablas, para la planta de Jamalco se da un presupuesto desglosado de O&M, frente a un presupuesto no detallado de las plantas de Freetown y Linstead, esto se debe a la dificultad de cotizar los costes de O&M de plantas tan pequeñas, dando un valor estimativo que cubra sobradamente sus necesidades.

Tabla 37 Presupuesto de O&M de la Planta de Jamalco

Planta Solar de Jamalco	Capacidad (kWp)	Termino	Precio Unitario (€)	€/kWp
Mantenimiento Preventivo	9.159,20	1 año	46.109,14 €	5,03 €
Llamadas y Servicios de Emergencia	9.159,20	1 año	17.613,85 €	1,92 €
Pruebas de Funcionamiento	9.159,20	1 año	13.464,80 €	1,47 €
Mantenimiento del Suelo	9.159,20	1 año	11.742,56 €	1,28 €
Monitorización e Informes	9.159,20	1 año	20.588,63 €	2,25 €
Limpieza de Módulos (anual)	9.159,20	1 año	8.846,07 €	0,97 €
Gestión de las Spare Parts	9.159,20	1 año	6.106,14 €	0,67 €
CCTV (Respuesta ante Alarmas)	9.159,20	1 año	9.237,49 €	1,01 €
Varios	9.159,20	1 año	2.113,66 €	0,23 €
Total 9,2 MWp (€)			135.822,33 €	14,83 €
Total 9,2 MWp (\$)			\$ 158.912,13	\$ 17,35
Cambio (€//\$)		1,17		

Tabla 38 Presupuesto de O&M de la Planta de Freetown

Planta Solar de Freetown	Capacidad (kWp)	Termino	Precio Unitario (€)	€/kWp
Mantenimiento Preventivo, Limpieza de Módulos, Monitorización e Informes...	1.071,07	1 año	12.581,20 €	11,75 €
Total 9,2 MWp (€)			12.581,20 €	11,75 €
Total 9,2 MWp (\$)			\$ 14.720,00	\$ 13,74
Cambio (€//\$)		1,17		

Tabla 39 Presupuesto de O&M de la Planta de Linstead

Planta Solar de Linstead	Capacidad (kWp)	Termino	Precio Unitario (€)	€/kWp
Mantenimiento Preventivo, Limpieza de Módulos, Monitorización e Informes...	300,30	1 año	4.393,16 €	14,63 €
Total 9,2 MWp (€)			4.393,16 €	14,63 €
Total 9,2 MWp (\$)			\$ 5.140,00	\$ 17,12
Cambio (€//\$)		1,17		

El coste de generación estimado para los dos primeros años de cada planta es de 10,01 €/MWh para una producción estimada de 13.562 MWh/año para Jamalco; de 8,27 €/MWh para una producción estimada de 1.522 MWh/año para Freetown y de 10,18 €/MWh para una producción estimada de 431,2 MWh/año para Linstead.

4. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA DE LAS PLANTAS FOTOVOLTAICAS

Para la realización del estudio de viabilidad económica de cada una de las plantas se ha empleado los siguientes parámetros, un ratio de inflación anual del 2%, una pérdida del 0,55% anual de la eficiencia de los módulos obtenida del datasheet del fabricante, un valor del precio de la electricidad para consumo industrial en Jamaica de 0,187 €/kWh, incluyendo todos los componentes de la factura de electricidad, como coste de la potencia, coste de distribución e impuestos (dicho valor se ha obtenido de la página web GlobalPetrolPrices), y por último se ha empleado la potencia de diseño generada de cada planta, obtenida de sus respectivos informes PVsyst, teniendo un valor de 13.562 MWh en el caso de la planta de Jamalco, 1.522 MWh en la planta de Freetown y 431,2 MWh en la planta de Linstead.

Tabla 40 Estudio de Viabilidad Económica de la Planta de Jamalco

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión Inicial (€)	-6.606.374 €										
Costes O&M (€)		- 158.912 €	- 158.912 €	- 162.090 €	- 165.332 €	- 168.639 €	- 172.012 €	- 175.452 €	- 178.961 €	- 182.540 €	- 186.191 €
Eficiencia	100%	99,45%	98,90%	98,35%	97,80%	97,25%	96,70%	96,15%	95,60%	95,05%	94,50%
Potencia Generada (MWh)	-	13487,41	13412,82	13338,23	13263,64	13189,05	13114,45	13039,86	12965,27	12890,68	12816,09
Menor Coste de Compra de Energía	-	2.572.588 €	2.558.361 €	2.544.133 €	2.529.906 €	2.515.678 €	2.501.451 €	2.487.223 €	2.472.996 €	2.458.768 €	2.444.541 €
Flujos de Caja (€)	-6.606.374 €	2.413.676 €	2.399.449 €	2.382.043 €	2.364.574 €	2.347.040 €	2.329.439 €	2.311.772 €	2.294.035 €	2.276.228 €	2.258.350 €
Flujo de Caja Acumulado (€)	-6.606.374 €	-4.192.698 €	-1.793.249 €	588.794 €	2.953.368 €	5.300.408 €	7.629.847 €	9.941.619 €	12.235.654 €	14.511.882 €	16.770.232 €
Periodo de Retorno (Años)	2,75										

Tabla 41 Estudio de Viabilidad Económica de la Planta de Freetown

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión Inicial (€)	-1.274.328 €										
Costes O&M (€)		- 14.724 €	- 14.724 €	- 15.018 €	- 15.319 €	- 15.625 €	- 15.938 €	- 16.256 €	- 16.582 €	- 16.913 €	- 17.252 €
Eficiencia	100%	99,45%	98,90%	98,35%	97,80%	97,25%	96,70%	96,15%	95,60%	95,05%	94,50%
Potencia Generada (MWh)	-	1513,63	1505,26	1496,89	1488,52	1480,15	1471,77	1463,40	1455,03	1446,66	1438,29
Menor Coste de Compra de Energía	-	288.710 €	287.113 €	285.516 €	283.920 €	282.323 €	280.726 €	279.129 €	277.533 €	275.936 €	274.339 €
Flujos de Caja (€)	-1.274.328 €	273.986 €	272.389 €	270.498 €	268.601 €	266.698 €	264.788 €	262.873 €	260.951 €	259.023 €	257.088 €
Flujo de Caja Acumulado (€)	-1.274.328 €	-1.000.342 €	-727.953 €	-457.456 €	-188.855 €	77.843 €	342.631 €	605.504 €	866.455 €	1.125.478 €	1.382.566 €
Periodo de Retorno (Años)	4,70										

Tabla 42 Estudio de Viabilidad Económica de la Planta de Linstead

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión Inicial (€)	-632.444 €										
Costes O&M (€)		- 5.140 €	- 5.140 €	- 5.243 €	- 5.348 €	- 5.455 €	- 5.564 €	- 5.675 €	- 5.788 €	- 5.904 €	- 6.022 €
Eficiencia	100%	99,45%	98,90%	98,35%	97,80%	97,25%	96,70%	96,15%	95,60%	95,05%	94,50%
Potencia Generada (MWh)	-	428,83	426,46	424,09	421,71	419,34	416,97	414,60	412,23	409,86	407,48
Menor Coste de Compra de Energía	-	81.795 €	81.342 €	80.890 €	80.438 €	79.985 €	79.533 €	79.081 €	78.628 €	78.176 €	77.723 €
Flujos de Caja (€)	-632.444 €	76.655 €	76.202 €	75.647 €	75.090 €	74.531 €	73.969 €	73.406 €	72.840 €	72.272 €	71.701 €
Flujo de Caja Acumulado (€)	-632.444 €	-555.789 €	-479.587 €	-403.939 €	-328.849 €	-254.319 €	-180.350 €	-106.944 €	-34.104 €	38.167 €	109.869 €
Periodo de Retorno (Años)	8,47										

Como se puede observar en las tablas cuanto mayor es la potencia instalada, antes se alcanza el periodo de retorno de las plantas fotovoltaicas, siendo el de Jamalco de 2,75 años, el de Freetown de 4,70 años y el de Linstead de 8,47 años. Teniendo en cuenta que la vida útil promedio de una instalación fotovoltaica es de al menos 25 años, se demuestra que las tres plantas fotovoltaicas destinadas para autoconsumo, son altamente viables desde el punto de vista económico.

PLANOS

1. LISTADO DE PLANOS

Los planos de este proyecto son los siguientes:

Jamalco

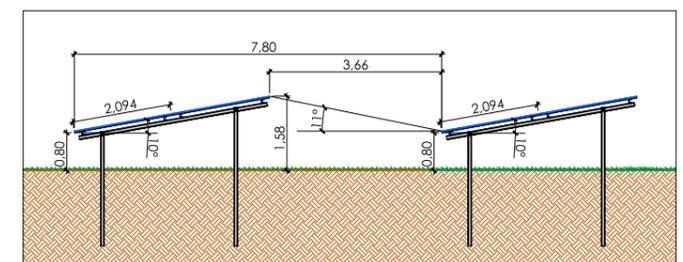
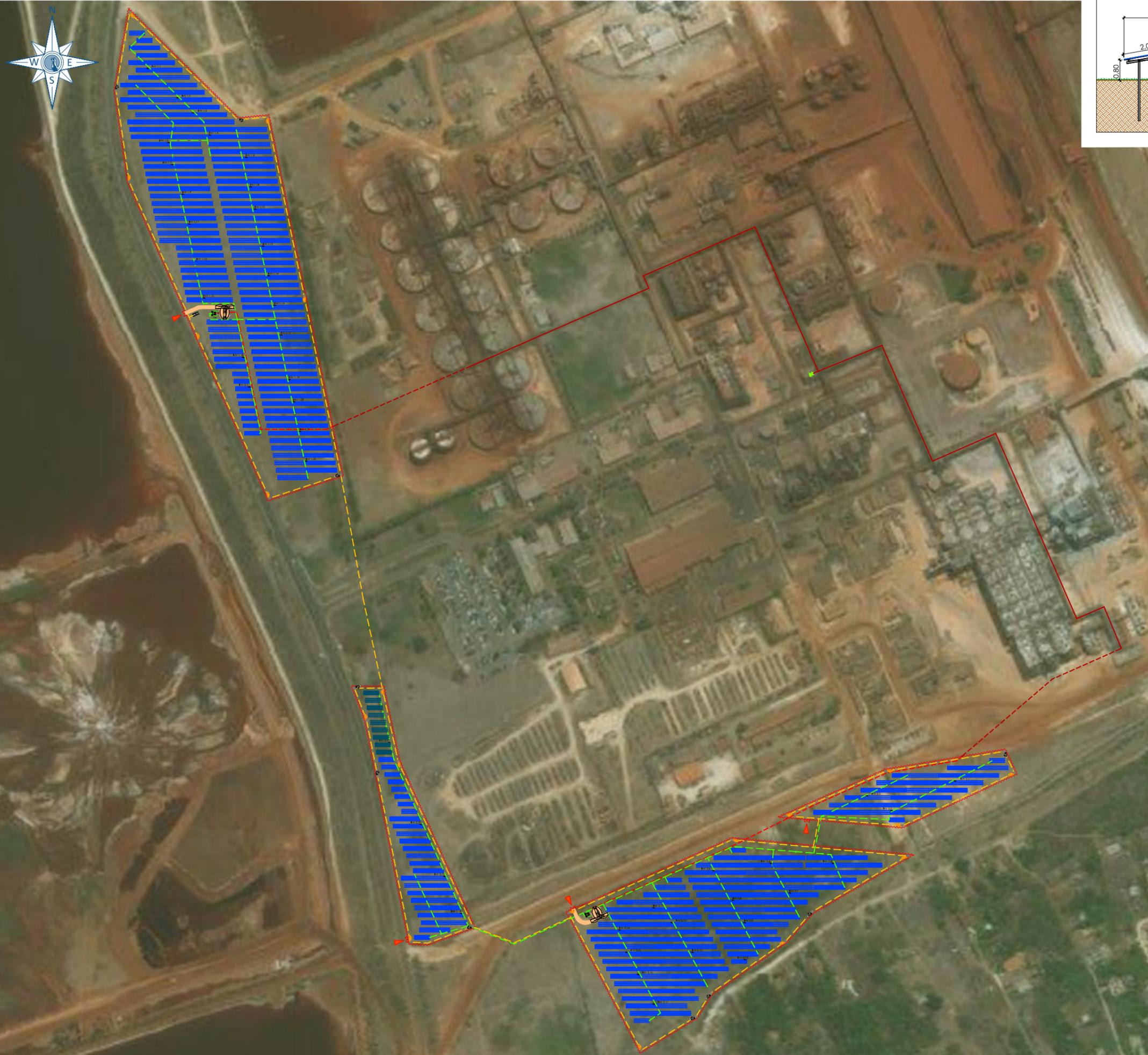
- JCB-PV-GN-LAY-ENG-0003 GEN.GENERAL PLANT - Layout de la Planta Solar
- JCB-PV-EL-ENG-SLD-0001 PV PLANT-SLD OVERALL - Esquema Unifilar de la Planta Solar

Freetown

- FRE-PV-GN-LAY-ENG-0003 GEN.GENERAL PLANT - Layout de la Planta Solar
- FRE-PV-EL-ENG-SLD-0001 PV PLANT-SLD OVERALL - Esquema Unifilar de la Planta Solar

Linstead

- LNS-PV-GN-LAY-ENG-0003 PV PLANT-GENERAL PLANT - Layout de la Planta Solar
- LNS-PV-EL-ENG-SLD-0001 PV PLANT-SLD OVERALL - Esquema Unifilar de la Planta Solar



Modules (455Wp): 20.130
 N° Strings: 671
 Module Tilt: 10°
 Azimut: 0° (South)

LEGEND	
	SOLAR MODULES (30 mod/string)
	SITE ACCESS
	TRANSFORMER+MAIN AC BOX+SWITCHGEAR
	INVERTER
	CUSTOMER SUBSTATION
	MONITORING AND STORAGE HOUSE
	DEER FENCE
	LV TRENCH
	HV TRENCH
	CCTV TRENCH
	TRENCH TO POC
	CCTV CAMERA
	INTERNAL ROADS
	COMPUND AREA

REV.	DATE	COMMENTS	ENGINEER
01B	20-09-22	First design	svllanueva

Consulting firm:




OFFER

JAMALCO & C.B.
PV PLANT JAMALCO
9.159.150 kWp

Location: LONGVILLE PARK (JAMAICA)

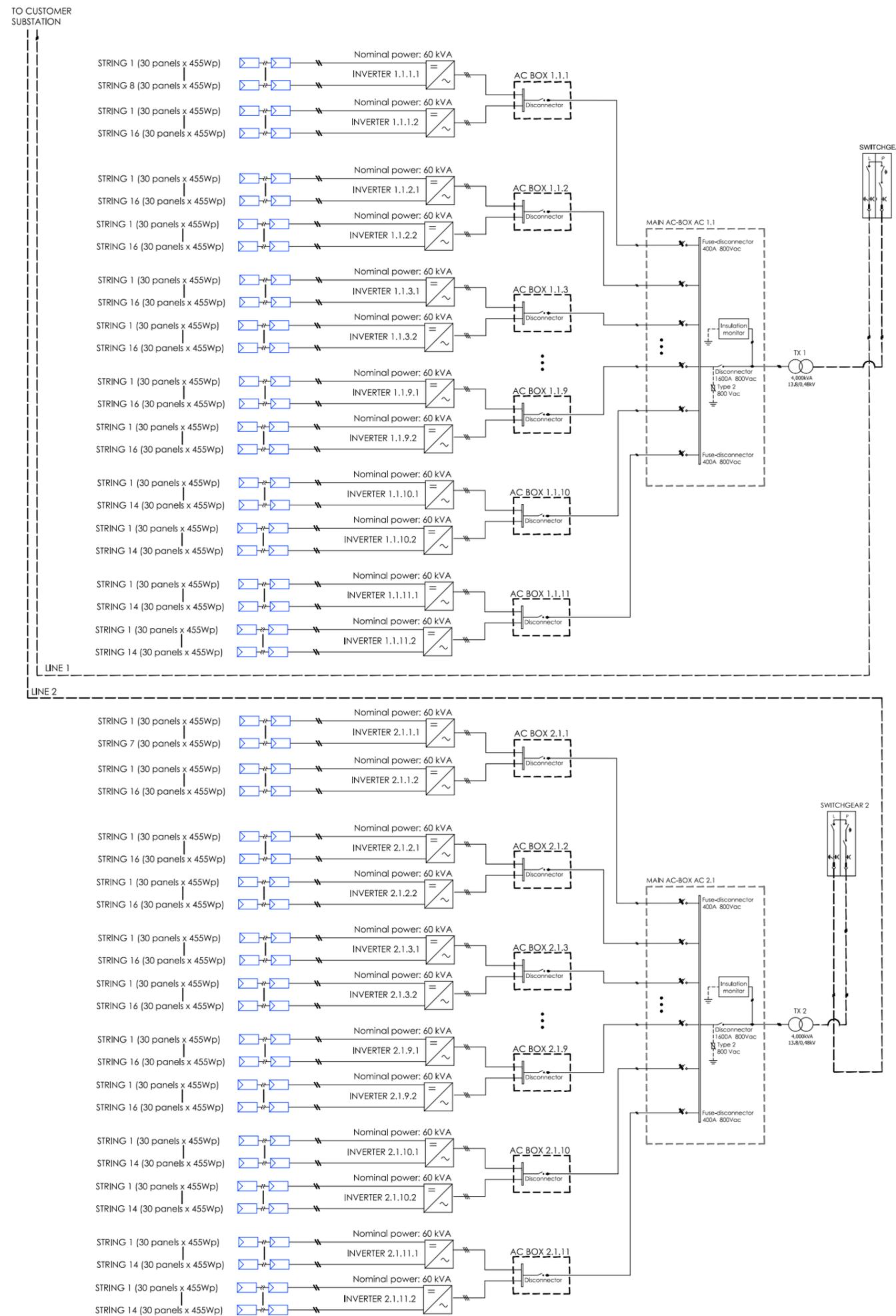
Drawing: GEN. GENERAL PLANT



Scale: 1:4.000 | Revision: **Rev 01B** | Version: **A**

Drawing No: **JCB-PV-GN-LAY-ENG-0003**

Date: 20/11/23 | Printed: P.20/11/23



Modules (455Wp): 20.130
N° Strings: 671

01B	20-09-22	First design	svlllanueva
REV.	DATE	COMMENTS	ENGINEER

Consulting firm:



OFFER

JAMALCO & C.B.
PV PLANT JAMALCO
9.159.150 kWp

Location: LONGVILLE PARK (JAMAICA)

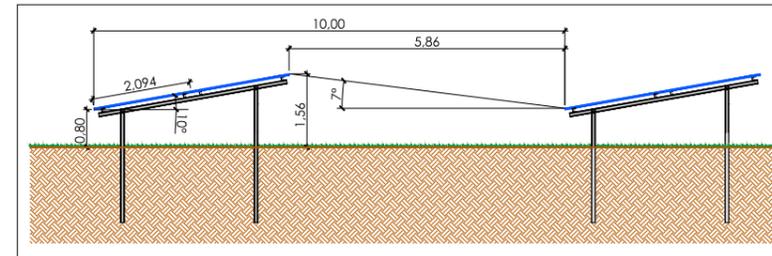
Drawing: PV PLANT-SLD OVERALL.



Scale: NTS | Revision: **Rev 01B** | Version: **A**

Drawing No: **JCB-PV-EL-ENG-SLD-0001**

Date: 20/11/23 | Printed: P.20/11/23



Modules (455Wp): 2,354
 N° Strings: 107
 Module Tilt: 10°
 Azimut: 0° (South)

LEGEND	
	SOLAR MODULES (22 mod/string)
	SITE ACCESS
	INVERTER
	MONITORING AND STORAGE HOUSE
	DEER FENCE
	LV TRENCH
	CCTV TRENCH
	CCTV CAMERA
	INTERNAL ROADS
	COMPOUND AREA
	ELECTRICAL ROOM (POI)

REV.	DATE	COMMENTS	ENGINEER
01B	20-09-22	First design	svlllanueva

Consulting firm:

OFFER

JAMALCO & C.B.
PV PLANT FREETOWN
1.071.07 kWp

Location: LONGVILLE PARK (JAMAICA)

Drawing: GEN. GENERAL PLANT



Scale: 1:1.000 | Revision: **Rev 01B** | Version: **A**

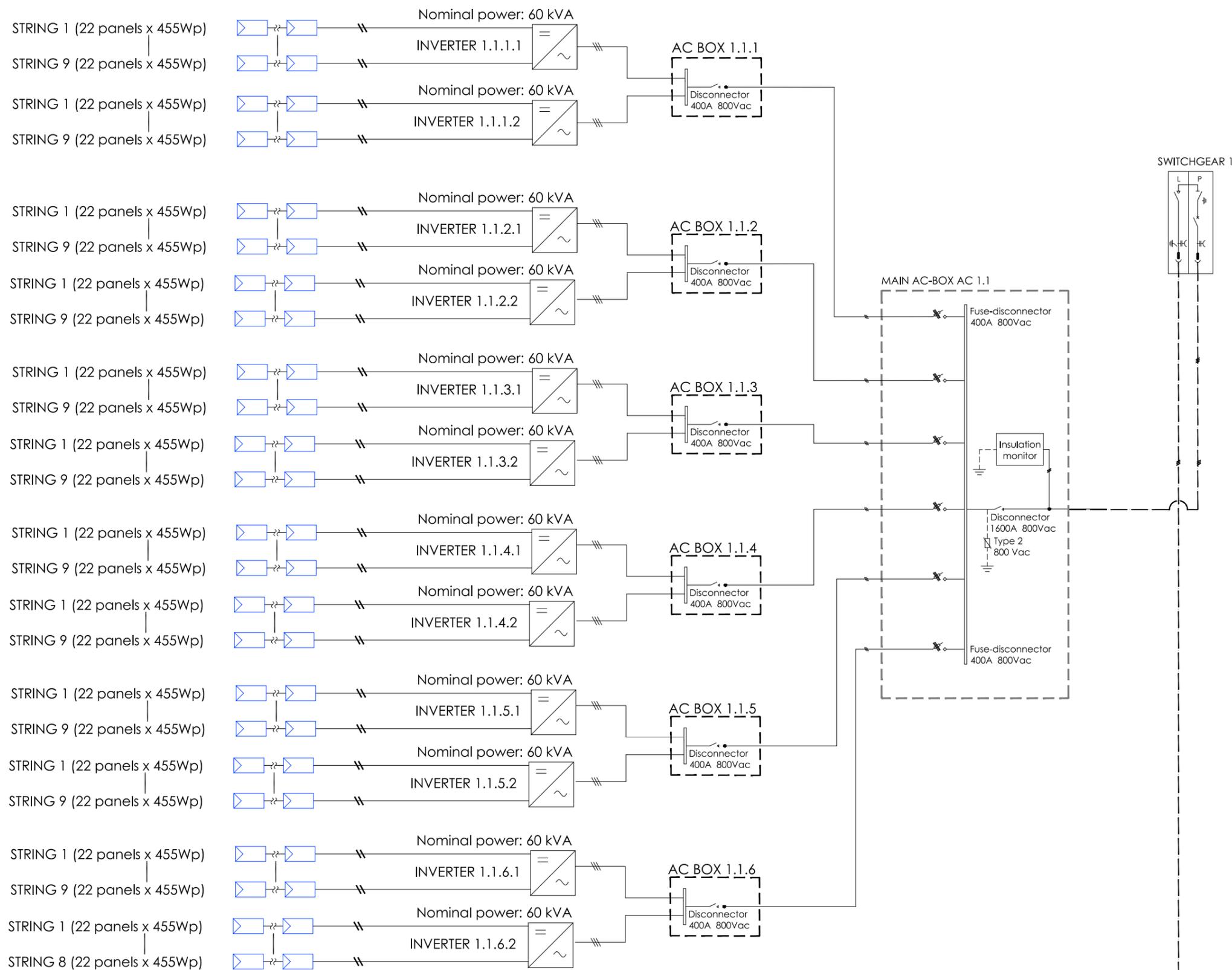
Drawing No: **FRE-PV-GN-LAY-ENG-0003**

Date: 20/11/23 | Printed: P.20/11/23

To be printed in A3 format (420x297mm)

To be printed in A3 format (420x297mm)

TO ELECTRICAL ROOM (POI)



Modules (455Wp): 2,354
Nº Strings: 107

01B	20-09-22	First design	svlllanueva
REV.	DATE	COMMENTS	ENGINEER

Consulting firm:



OFFER

JAMALCO & C.B.
PV PLANT FREETOWN
1.071.07 kWp

Location: LONGVILLE PARK (JAMAICA)

Drawing: PV PLANT-SLD OVERALL.

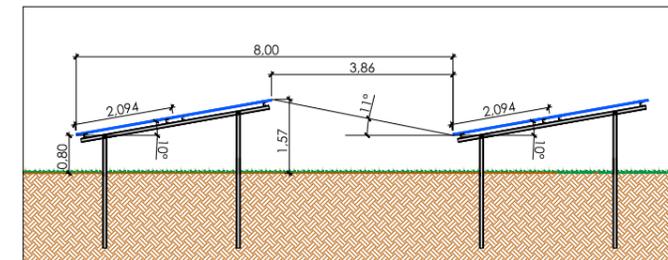
Graphic scale:

Scale: NTS | Revision: **Rev 01B** | Version: **A**

Drawing No: **FRE-PV-EL-ENG-SLD-0001**

Date: 20/11/23 | Printed: P.20/11/23

LINE 1



STRUCTURE DETAIL
S: 1/150

Modules (455Wp): 660
 N° Strings: 30
 Module Tilt: 10°
 Azimut: 0° (South)

LEGEND	
	SOLAR MODULES (22 mod/string)
	SITE ACCESS
	INVERTER
	MONITORING AND STORAGE HOUSE
	DEER FENCE
	LV TRENCH
	CCTV TRENCH
	CCTV CAMERA
	INTERNAL ROADS
	ELECTRICAL ROOM (POI)

REV.	DATE	COMMENTS	ENGINEER
01B	20-09-22	First design	svllanueva

Consulting firm:




OFFER

JAMALCO & C.B.
PV PLANT LINSTHAD
300.300 kWp

Location: LINSTHAD (JAMAICA)

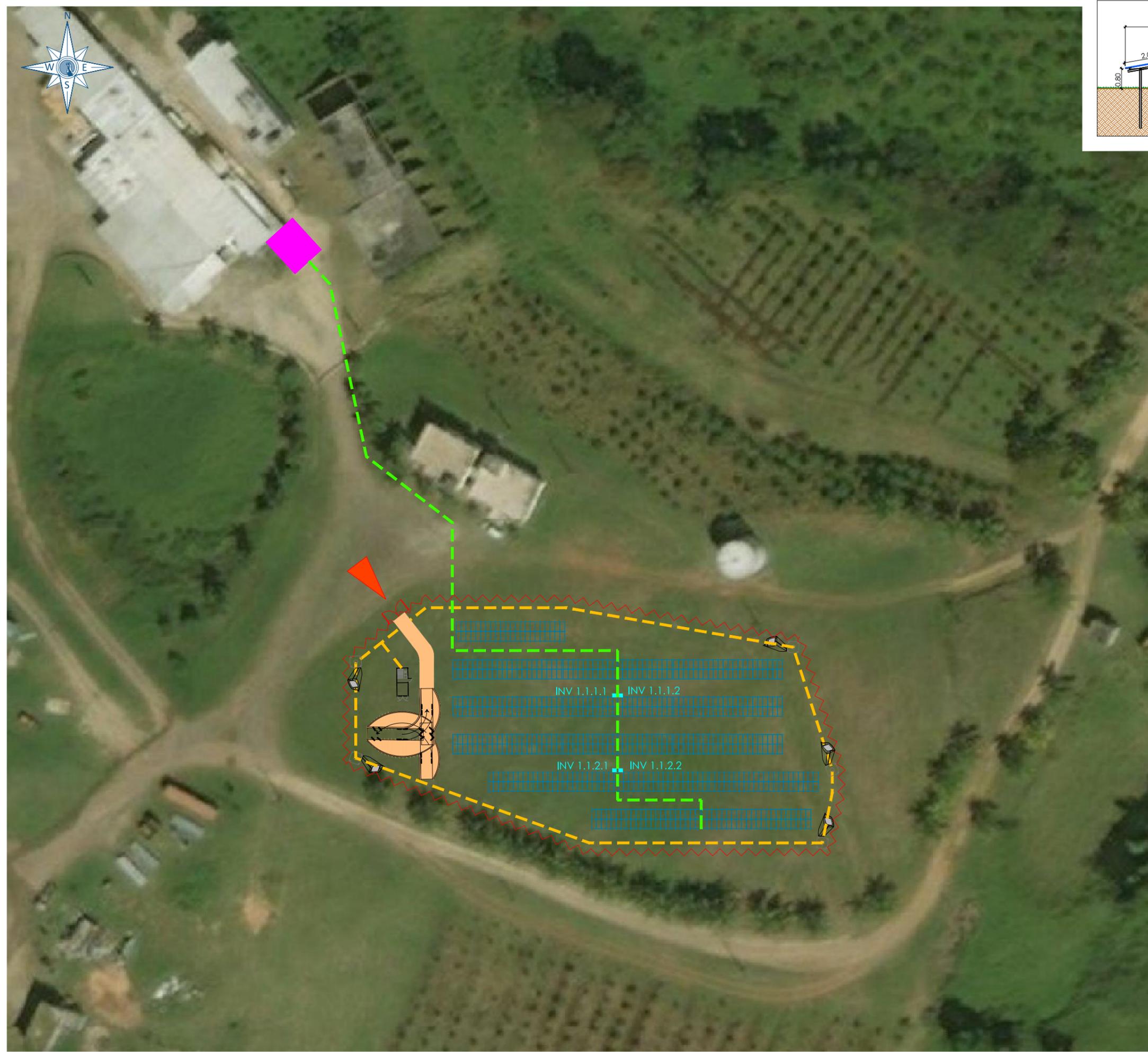
Drawing: PV PLANT-GENERAL PLANT



Scale: 1:800 Revision: **Rev 01B** Version: **A**

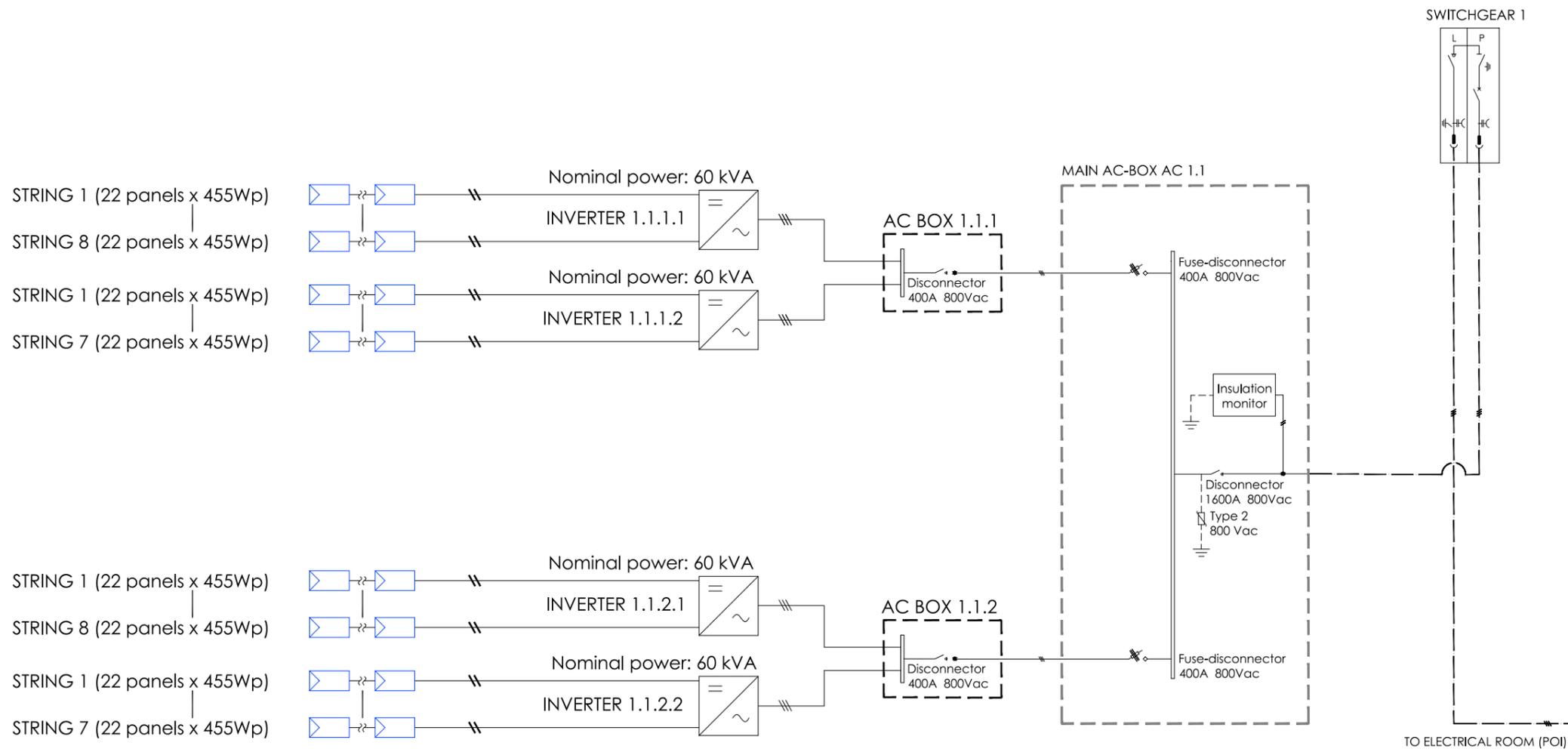
Drawing No: **LNS-PV-GN-LAY-ENG-0003**

Date: 20/11/23 Printed: P.20/11/23



To be printed in A3 format (420x297mm)

To be printed in A3 format (420x297mm)



Modules (455Wp): 660
N° Strings: 30

01B	20-09-22	First design	svllanueva
REV.	DATE	COMMENTS	ENGINEER

Consulting firm:



OFFER

JAMALCO & C.B. PV PLANT LINSTEAD 300.300 kWp

Location: LINSTEAD (JAMAICA)

Drawing: PV PLANT-SLD OVERALL

Graphic scale:

Scale: NTS | Revision: **Rev 01B** | Version: **A**

Drawing No: **LNS-PV-EL-ENG-SLD-0001**

Date: 20/11/23 | Printed: P.20/11/23

PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

El objeto de la presente memoria es establecer las condiciones técnicas necesarias para la ejecución de tres instalaciones fotovoltaicas de 240 kWn, 720 kWn y 7.700 kWn de potencia nominal en la parte sureste de la isla de Jamaica. Dichas instalaciones incluyen los cometidos:

- I. Trámites oportunos que precisa una instalación fotovoltaica para poder ejecutar las obras e inyectar la electricidad producida a la red del cliente.
- II. Instalación fotovoltaica propiamente dicha, incluyendo:
 - Ingeniería y dirección de obra.
 - Acopio y aprovisionamiento de materiales.
 - Transporte, carga y descarga de materiales.
 - Montaje y conexionado del conjunto.
 - Pruebas y puestas en marcha de la instalación.

El servicio se realizará en la modalidad llave en mano estando incluidos, por lo tanto, la totalidad de obras y elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación, aunque no estén expresamente detallados en este proyecto. La instalación se realizará cumpliendo toda la normativa que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas, y todos sus componentes deberán haber sido debidamente homologados por los organismos competentes.

2. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES, EQUIPOS Y EJECUCION

A continuación se describen las especificaciones técnicas de los materiales y equipos principales que componen la instalación. En la ejecución de la instalación se admitirá la modificación de alguno de estos materiales o equipos por otros de características similares, siempre que no afecte al correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica ni suponga un decremento en la producción anual de electricidad.

2.1. SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS

Todos los módulos de silicio cristalino deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

Los marcos laterales serán de aluminio o acero inoxidable.

La potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 10\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

La estructura del generador y el marco de los módulos se conectarán a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

2.2. ESTRUCTURA DE SOPORTE

El diseño de la estructura se realizará para conseguir la orientación y el ángulo de inclinación óptimos para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La tornillería empleada para la sujeción de los módulos fotovoltaicos será de acero inoxidable, cumpliendo la norma DB-SE-A8.5.

Los topes de sujeción de los módulos a la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos sin superar el límite de sombras indicado en el punto 4.1.2. del Pliego de Condiciones del IDAE.

La estructura soporte será calculada de acuerdo al CTE para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

2.3. INVERSORES

Será del tipo adecuado para la conexión a red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas del inversor serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética, incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de red, etc.

El inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

Las características eléctricas del inversor serán las siguientes:

El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superior a las STC. Además soportará picos de magnitud un 30% superior a las STC durante periodos de hasta 10 segundos.

El inversor tendrán un grado de protección mínima IP20 para colocación en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP30 para colocación en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP65 para instalación a la intemperie.

Se instalará un extintor de CO₂ de 89B de eficacia según el apartado 8.3 del reglamento contra incendios de establecimientos industriales. En el cual especifica que no se permite el empleo de agentes extintores conductores de la electricidad sobre fuegos que se desarrollan en presencia de aparatos, cuadros, conductores y otros elementos bajo tensión eléctrica superior a 24 V. La protección de estos se realizará con extintores de dióxido de carbono, o polvo seco BC o ABC.

2.4. CABLEADO DE BAJA TENSION

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte de CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1% y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 0,5%, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de engancho por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Por instrucción de la Dirección General de Industria, en la que se indica que las canalizaciones en fotovoltaica al considerarse "locales mojados" por estar a la intemperie (Instrucción ITC-BT 30 punto 2), deben cumplir el punto 2.1 de esta ITC, relativo a las canalizaciones, debiendo ser éstas estancas. Este punto prevé la posibilidad de instalación de los conductores y cables aislados en el interior de tubos o en el interior de canales aislantes. No se prevé la posibilidad de utilizar canales que no sean aislantes.

2.4.1. LINEAS DE BAJA TENSION DE CORRIENTE CONTINUA

Son las distintas líneas que trazadas desde los módulos fotovoltaicos hasta la conexión con los inversores string.

- Cableado entre módulos: se realizará por medio del cableado propio de los módulos con el conector rápido MC y de un sección de 4 mm². El trazado de las mismas discurre a través de la propia estructura de los módulos en su cara inferior. Este cableado interconecta los módulos en serie.
- Cableado entre final de la rama e inversor: para este tramo se empleará cable específico para instalaciones fotovoltaicas de designación TECSUN (PV) H1Z2Z2-K o similar.

2.4.2. LINEAS DE BAJA TENSION EN CORRIENTE ALTERNA

Son las líneas trazadas desde el inversor de corriente hasta el Transformador de potencia.

- Cableado entre Inversor y Main AC Box (cuadro de agrupación): para este tramo se empleará cable específico para instalaciones fotovoltaicas de designación HARMOHNY ALL GROUND XZ1 (S) Al o similar.
- Cableado entre Main AC Box y Transformador: se empleará el mismo cableado que para el tramo anterior.

2.5. PROTECCIONES

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la norma UNE-EN 62271-1:2009 en lo que respecta a aparata de Alta Tensión.

El CTE, en el documento técnico HE5, en el apartado 3.2.3.3, establece que la parte de corriente continua de la instalación tendrá un grado de protección Clase II o aislamiento equivalente cuando se trate de emplazamiento accesible. Los materiales situados a la intemperie tendrán al menos un grado de protección IP65.

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia y de máxima y mínima tensión serán para cada fase.

2.6. CANALIZACIONES

Estas canalizaciones de líneas subterráneas deberán proyectarse teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo, 15 veces el diámetro. El radio de curvatura en operaciones de tendido será superior a 20 veces su diámetro.

Los cruces de calzadas serán perpendiculares al eje de la calzada o vial, procurando evitarlos, si es posible sin perjuicio del estudio económico de la instalación en proyecto, y si el terreno lo permite.

2.7. PUESTA A TIERRA

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa aplicable en cuanto a la puesta a tierra en instalaciones eléctricas en Alta Tensión

Se conectará tanto la parte de CC como la parte de CA en modo IT (flotante).

2.8. ARMONICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en la normativa aplicable sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

3. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION

La instalación deberá ser ejecutada por una Empresa instaladora eléctrica autorizada y con las debidas acreditaciones.

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora

4. CONDICIONES FACULTATIVAS

4.1. DIRECCION DE OBRAS

La propiedad nombrará en su representación a un Técnico competente, que estará encargado directamente de la dirección, control y vigilancia de las obras de este proyecto.

Una vez adjudicadas definitivamente las obras, el Contratista designará un técnico con titulación, al menos de Ingeniero Técnico, que asumirá la dirección de los trabajos que se ejecuten y que actuará como representante suyo ante la propiedad a todos los efectos que se requieran durante la ejecución de las obras.

El Contratista, por sí o por medio de su representante, acompañará a la Dirección de Obra, en las visitas que ésta haga a las obras, siempre que así le fuese solicitado.

Estas obras deberán quedar totalmente terminadas por el contratista por el precio de la contrata en disposición de recibir tensión. Se ejecutarán con arreglo al presente proyecto, declarando el contratista, por el hecho de firmar el correspondiente contrato, que se halla al corriente del mismo y acepta todas las condiciones impuestas en el siguiente pliego y que conoce la importancia y extensión de las obras.

Quedan comprendidos también en la contrata todos los trabajos auxiliares y aún aquellos que ni figurando en forma expresa y concreta en los documentos del presente proyecto sean necesarios para la total ejecución de las obras y que se estimen como tales por el Director de la obra.

Durante el transcurso de la obra podrá el contratista sugerir cuantas variaciones y modificaciones estime se podrían introducir que, sin alterar lo esencial del proyecto, pudieran mejorar la obra o reducir sus costes, las que llevará a cabo únicamente en el caso de que sean aprobadas por escrito por el Director de la Obra.

COMIENZO: El contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de la firma del contrato.

PLAZO DE EJECUCIÓN: La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la Propiedad o en su defecto en el que figure en las condiciones de este pliego.

Cuando el Contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la Propiedad, solicite una inspección para

poder realizar algún trabajo ulterior que esté condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

4.2. LIBRO DE ORDENES

El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de Órdenes en el que se escribirán las que el Técnico Director estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le dé por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

5. CONDICIONES ECONOMICAS Y LEGALES

5.1. ABONO DE LA OBRA

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras.

Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

5.2. PRECIOS

El contratista presentará, al formalizarse el contrato, relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se fijará su precio entre el Técnico Director y el Contratista antes de iniciar la obra y se presentará a la propiedad para su aceptación o no.

5.3. REVISION DE PRECIOS

En el contrato se establecerá si el contratista tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Técnico Director alguno de los criterios oficiales aceptados.

5.4. PENALIZACIONES

Por retraso en los plazos de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

5.5. CONTRATO

El contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, éstas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el Proyecto de la obra serán incorporados al contrato y tanto el contratista como la Propiedad deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

5.6. RESPONSABILIDADES

El Contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello vendrá obligado a la demolición de lo mal ejecutado y a su reconstrucción correctamente sin que sirva de excusa el que el Técnico Director haya examinado y reconocido las obras.

El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

5.7. RECEPCION DE LAS OBRAS Y GARANTIA

Recepción Provisional: Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Técnico Director y la Propiedad en presencia del Contratista, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitida.

De no ser admitida se hará constar en el acta y se darán instrucciones al Contratista para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para ello, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional.

Plazo de Garantía: El plazo de garantía será como mínimo de un año, contado desde la fecha de la recepción provisional, o bien el que se establezca en el contrato también contado desde la misma fecha. Durante este período queda a cargo del Contratista la conservación de las obras y arreglo de los desperfectos causados por asiento de las mismas o por mala construcción.

Recepción Definitiva: Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía de igual forma que la provisional. A partir de esta fecha cesará la obligación del Contratista de conservar y reparar a su cargo las obras si bien subsistirán las responsabilidades que pudiera tener por defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.

6. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACION

Se realizará un mantenimiento preventivo y correctivo de la instalación durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de esta.

6.1. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Este mantenimiento se llevará a cabo con una periodicidad semestral e incluirá:

- Módulos Fotovoltaicos:
 - Limpieza de los módulos con agua y detergente no abrasivo. Esta operación se debe realizar a primeras horas de la mañana, cuando el módulo está frío.
 - Inspección visual de posibles degradaciones internas y de la estanqueidad del panel.
 - Control de las conexiones eléctricas y el cableado.
 - Revisión de los prensaestopas de la caja de conexión.

- Inversor:
 - Observación visual general del estado y funcionamiento del inversor.
 - Comprobación del conexionado y cableado de los componentes.
 - Observación del funcionamiento de los indicadores ópticos.

- Estructura de Soporte:
 - Observación visual de posibles grietas o deformaciones.
 - Limpiar zonas con óxido y cubrir con producto de protección anticorrosión.

- Armarios de Conexión:
 - Observación de la estanqueidad de los armarios y prensaestopas.
 - Cableado general del armario.
 - Apriete de bornes y detección de cables con temperatura elevada.
 - Señalización de cables en buen estado.
 - Comprobación de las protecciones.

- Caminos de Cables:
 - Eliminar suciedad en las conducciones que se encuentren en el exterior.
 - Comprobación visual del aislamiento de los cables.
 - Revisión de la fijación a bandejas, muros, etc.
 - Señalado de cables en buen estado.

6.2. PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Incluye todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil.

Se establece un precio anual del contrato de mantenimiento, que incluye las dos visitas anuales de mantenimiento preventivo, así como todas aquellas visitas debidas a un mantenimiento correctivo de la instalación. No se incluirán ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

Cada mantenimiento comportará la realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas. Del mismo modo, será necesario registrar las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación, autorización de la empresa).

ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente estudio básico de seguridad y salud es definir los posibles riesgos que pueden aparecer durante el transcurso de las obras para, así, establecer los procedimientos de trabajo en función de la normativa de prevención de riesgos laborales.

Los objetivos de este estudio son los siguientes:

- Conocer el proyecto de ejecución y definir la tecnología adecuada para la realización técnica de la obra.
- Analizar todas las unidades de obra contenidas en el proyecto de ejecución.
- Definir todos los riesgos, humanamente detectables, que puedan aparecer a lo largo de la realización de los trabajos.
- Diseñar las líneas preventivas que se deben implantar y llevar a la práctica durante el proceso de construcción.
- Divulgar el sistema de prevención implantado para esta obra, a través de su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, a todos los que intervienen en el proceso de construcción.
- Crear un ambiente de salud laboral en la obra.
- Definir las actuaciones a seguir en caso de que se produzca un accidente.
- Diseñar una línea formativa para prevenir los accidentes.
- Hacer llegar la prevención de riesgos a cada empresa subcontratada o autónoma que trabajen en la obra.
- Diseñar la metodología necesaria para efectuar, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento.

2. DATOS DE LA OBRA

2.1. SITUACION, ACCESOS Y ESPACIOS AFECTADOS

Las obras se realizarán en las parcelas colindantes a las instalaciones, que alimentarán una vez concluidas. A parte de las instalaciones, no hay ningún edificio de tipo comercial o vivienda en las proximidades, por lo que no se prevé que se puedan generar flujos importantes de tráfico rodado y/o peatonal, lo que permite un fácil acceso a las obras.

No se prevé cortar el tránsito de vehículos ni de personas a las instalaciones (salvo de manera puntual si fuera necesario).

2.2. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

Las instalaciones fotovoltaicas se llevarán a cabo directamente sobre el suelo de sus respectivas parcelas, propiedad de los distintos clientes de este proyecto. Dichas instalaciones se ubicarán en un entorno rural próximo a núcleos urbanos en el caso de las plantas fotovoltaicas de Freetown y Linstead, y en un entorno industrial en el caso de la planta fotovoltaica de Jamalco.

2.3. CONOCIMIENTO DEL TERRENO

No se prevé la realización de estudios geotécnicos o topográficos, aunque tampoco se descarta si se considerara oportuno en futuras etapas del proyecto.

No hay constancia de ningún tipo de instalación en los alrededores inmediatos, que condicionen la ejecución de las obras.

2.4. PREVISION DE DURACION DE LA OBRA

La duración prevista para las tres obras, las cuales se llevarán a cabo de forma simultánea, se sitúa entre 16 y 20 semanas.

Media de obreros trabajando en Jamalco: 8 obreros.

Punta de obreros trabajando en Jamalco: 10 obreros.

Media de obreros trabajando en Freetown: 3 obreros.

Punta de obreros trabajando en Freetown: 5 obreros.

Media de obreros trabajando en Linstead: 2 obreros.

Punta de obreros trabajando en Linstead: 5 obreros.

2.5. PRESUPUESTO DE EJECUCION DE LA OBRA

El presupuesto de ejecución material de Jamalco asciende a la cantidad de 6.606.373,99 € o 7.729.457,57 \$.

El presupuesto de ejecución material de Freetown asciende a la cantidad de 1.274.327,94 € o 1.490.963,69 \$.

El presupuesto de ejecución material de Linstead asciende a la cantidad de 632.443,79 € o 739.959,23 \$.

El presupuesto de ejecución material total del proyecto asciende a la cantidad de 8.513.145,72€ o 9.960.380,49 \$.

3. JUSTIFICACION DOCUMENTAL

3.1. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Para dar cumplimiento a los requisitos establecidos en el Capítulo II del RD 1627/97 en el que se establece la obligatoriedad del Promotor durante la Fase de Proyecto a que se elabore un Estudio de Seguridad y Salud al darse alguno de estos supuestos:

- a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de euros (450.759,08 €).
- b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra sea superior a 500.

3.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD

- El objetivo de este Estudio Básico de Seguridad y Salud es marcar las directrices básicas para que la empresa contratista mediante el Plan de seguridad desarrollado a partir de

este Estudio, pueda dar cumplimiento a sus obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales.

- En el desarrollo de esta Memoria, se han identificado los riesgos de las diferentes Unidades de Obra, Máquinas y Equipos, evaluado la eficacia de las protecciones previstas a partir de los datos aportados por el Promotor y el Proyectista.
- Se ha procurado que el desarrollo de este Estudio de Seguridad esté adaptado a las prácticas constructivas más habituales, así como a los medios técnicos y tecnologías del momento. Si el Contratista, a la hora de elaborar el Plan de Seguridad a partir de este documento, utiliza tecnologías novedosas, o procedimientos innovadores, deberá adecuar técnicamente el mismo.
- Este "Estudio Básico de Seguridad y Salud" es un capítulo más del proyecto de ejecución, por ello deberá estar en la obra, junto con el resto de los documentos del Proyecto de ejecución.
- Este documento no sustituye al Plan de Seguridad.

3.3. DEBERES, OBLIGACIONES Y COMPROMISOS

Según los Arts. 14 y 17, en el Capítulo III de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales se establecen los siguientes puntos:

1. Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. El citado derecho supone la existencia de un correlativo deber del empresario de protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales. Este deber de protección constituye, igualmente, un deber de las Administraciones Públicas respecto del personal a su servicio. Los derechos de información, consulta y participación, formación en materia preventiva, paralización de la actividad en caso de riesgo grave e inminente y vigilancia de su estado de salud, en los términos previstos en la presente Ley, forman parte del derecho de los trabajadores a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.
2. En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo. A estos efectos, en el marco de sus responsabilidades, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la integración de la actividad preventiva en la empresa y la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de plan de prevención de riesgos laborales, evaluación de riesgos, información, consulta y participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente, vigilancia de la salud, y mediante la constitución de una organización y de los medios necesarios en los términos establecidos en el capítulo IV de esta ley.
3. El empresario desarrollará una acción permanente de seguimiento de la actividad preventiva con el fin de perfeccionar de manera continua las actividades de identificación, evaluación y control de los riesgos que no se hayan podido evitar y los niveles de protección existentes y dispondrá lo necesario para la adaptación de las medidas de prevención señaladas en el párrafo anterior a las modificaciones que puedan experimentar las circunstancias que incidan en la realización del trabajo.

4. El empresario deberá cumplir las obligaciones establecidas en la normativa sobre prevención de riesgos laborales.
5. Las obligaciones de los trabajadores establecidas en esta Ley, la atribución de funciones en materia de protección y prevención a trabajadores o Servicios de la empresa y el recurso al concierto con entidades especializadas para el desarrollo de actividades de prevención complementarán las acciones del empresario, sin que por ello le eximan del cumplimiento de su deber en esta materia, sin perjuicio de las acciones que pueda ejercitar, en su caso, contra cualquier otra persona.
6. El coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud en el trabajo no deberá recaer en modo alguno sobre los trabajadores.

Equipos de trabajo y medios de protección.

El empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que los equipos de trabajo sean adecuados para el trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados a tal efecto, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizarlos. Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

1. La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
2. Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.
3. El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos cuando, por la naturaleza de los trabajos realizados, sean necesarios. Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

4. FASES DE LA OBRA

4.1. ACTUACIONES PREVIAS

Las actuaciones previas a realizar serán las de delimitación de las zonas de actuación, acondicionamiento de accesos, delimitación de la zona de acopios y señalizaciones previas, aunque destacamos que para todos estos fines se usará parte de la parcela, cuya superficie lo permite.

4.2. ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO Y CIMENTACIONES

No será necesaria ninguna actuación previa al inicio de las obras, ya que los trabajos a realizar son los de instalación hincada sobre suelo.

4.3. EJECUCION DE LA ESTRUCTURA

La estructura metálica sobre la que se situarán los módulos fotovoltaicos se establece para sostener 2 módulos en vertical. La utilización de una adecuada estructura facilita las labores de instalación y mantenimiento, minimiza la longitud del cableado, evita problemas de corrosión y mejora la estética de la planta en su conjunto.

La estructura elegida será de acero galvanizado en caliente, material resistente a la corrosión y con un buen compromiso calidad-precio (más resistente que el acero inoxidable y más barato).

Debe soportar vientos de 100 a 120 km/h, situará a los módulos a una altura de 0.5 m del suelo, debe estar eléctricamente unida a una toma de tierra, y asegurará un buen contacto eléctrico entre el marco del módulo y la tierra para permitir la protección de las personas frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador.

4.4. EJECUCION DE LA INSTALACION ELECTRICA

Los trabajos a realizar son los usuales en instalaciones eléctricas de baja tensión, ejecutándose con medios tradicionales.

Las instalaciones eléctricas se ajustan a lo dispuesto en la normativa vigente. Las instalaciones eléctricas se realizarán en ausencia de tensión, para evitar posibles accidentes eléctricos.

4.5. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACION

Una vez finalizada la instalación se procederá a la conexión de la misma a la red eléctrica, confiriendo tensión al sistema.

5. ANALISIS DE RIESGOS Y PREVENCION EN LAS FASES DE LAS OBRAS

5.1. IDENTIFICACION DE RIESGOS Y EVALUACION DE LA EFICACIA DE LAS PROTECCIONES TECNICAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS ESTABLECIDAS, SEGÚN LOS METODOS Y SISTEMAS DE EJECUCION PREVISTOS EN EL PROYECTO.

El método empleado para la evaluación de riesgos permite realizar, mediante la apreciación directa de la situación, una evaluación de los riesgos para los que no existe una reglamentación específica.

1º Gravedad de las consecuencias:

La gravedad de las consecuencias que pueden causar ese peligro en forma de daño para el trabajador. Las consecuencias pueden ser ligeramente dañinas, dañinas o extremadamente dañinas. Ejemplos:

Tabla 43 Gravedad de las Consecuencias de los Posibles Riesgos

Ligeramente dañino	<ul style="list-style-type: none"> - Cortes y magulladuras pequeñas - Irritación de los ojos por polvo - Dolor de cabeza - Disconfort - Molestias e irritación
Dañino	<ul style="list-style-type: none"> - Cortes - Quemaduras - Conmociones - Torceduras importantes - Fracturas menores

	<ul style="list-style-type: none"> - Sordera - Asma - Dermatitis - Trastornos musculoesqueléticos - Enfermedad que conduce a una incapacidad menor
Extremadamente dañino	<ul style="list-style-type: none"> - Amputaciones - Fracturas mayores - Intoxicaciones - Lesiones múltiples - Lesiones faciales - Cáncer y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida

2º Probabilidad:

Una vez determinada la gravedad de las consecuencias, la probabilidad de que esa situación tenga lugar puede ser baja, media o alta.

Tabla 44 Probabilidad de los Posibles Riesgos

Baja	Es muy raro que se produzca el daño
Media	El daño ocurrirá en algunas ocasiones
Alta	Siempre que se produzca esta situación, lo más probable es que se produzca un daño

3º Evaluación:

La combinación entre ambos factores permite evaluar el riesgo aplicando la tabla siguiente:

Tabla 45 Evaluación de los Posibles Riesgos

	Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Probabilidad baja	Riesgo trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
Probabilidad media	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
Probabilidad alta	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

4º Control de riesgos:

Los riesgos serán controlados para mejorar las condiciones del trabajo siguiendo los siguientes criterios:

Tabla 46 Control de los Posibles Riesgos

Riesgo	¿Se deben tomar nuevas acciones preventivas?	¿Cuándo hay que realizar las acciones preventivas?
Trivial	No se requiere acción específica	
Tolerable	No se necesita mejorar la acción preventiva. Se deben considerar situaciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante.	
Moderado	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Cuando el riesgo moderado esté asociado a consecuencias extremadamente dañinas, se deberá precisar mejor la probabilidad de que ocurra el daño para establecer la acción preventiva.	Fije un periodo de tiempo para implantar las medidas que reduzcan el riesgo.
Importante	Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo.	Si se está realizando el trabajo debe tomar medidas para reducir el riesgo en un tiempo inferior al de los riesgos moderados. NO debe comenzar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo.
Intolerable	Debe prohibirse el trabajo si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos limitados.	INMEDIATAMENTE: No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo.

Este método se aplica sobre cada unidad de obra analizada en esta memoria de seguridad y que se corresponde con el proceso constructivo de la obra, para permitir:

"La Identificación y evaluación de riesgos, pero con la valoración de la eficacia de la prevención adoptada y aplicada".

Es decir, los riesgos detectados inicialmente en cada unidad de obra, son analizados y evaluados eliminando o disminuyendo sus consecuencias, mediante la adopción de soluciones técnicas, organizativas, cambios en el proceso constructivo, adopción de medidas preventivas, utilización de protecciones colectivas, EPIs y señalización, hasta lograr un riesgo trivial, tolerable o moderado, y siendo ponderados mediante la aplicación de los criterios estadísticos de siniestralidad laboral publicados por la Dirección General de Estadística del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

5.2. ENERGIAS DE LA OBRA

5.2.1. ELECTRICIDAD

La energía eléctrica es utilizada en la obra para múltiples operaciones: Alimentación de máquinas y equipos, Alumbrado, etc. Es la energía de uso generalizado.

- Identificación de riesgos propios de la energía
 - Quemaduras físicas y químicas
 - Contactos eléctricos directos
 - Contactos eléctricos indirectos
 - Exposición a fuentes luminosas peligrosas
 - Incendios
- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendentes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - Solo se emplearán cables que estén perfectamente diseñados y aislados para la corriente que circulará por ellos. Si es posible, solo se utilizarán tensiones de seguridad.
 - No se debe suministrar electricidad a aparatos que estén mojados o trabajen en condiciones de humedad, salvo los que tengan las protecciones adecuadas, según el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión.
 - Todas las conexiones, protecciones, elementos de corte etc, estarán diseñados y calculados adecuadamente y conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
 - Solo se usará la corriente eléctrica para suministrar energía a las maquinas eléctricas y nunca para otros fines.
- Equipos de protección individual
 - Casco de seguridad
 - Guantes
 - Botas de seguridad con puntera reforzada
 - Protecciones colectivas
 - Vallado perimetral de la obra
 - Señalización de seguridad
 - Señales de obligatoriedad de uso de casco, botas, guantes.
 - Señales de prohibición de paso a toda persona ajena a las obras
 - Señal de peligro de electrocución

5.3. UNIDADES DE OBRA

Las operaciones de entrega de obra llevan consigo determinadas operaciones de retirada de residuos y escombros, ordenación de espacios, retirada de medios auxiliares y limpieza general.

- Identificación de riesgos
 - Atropellos y/o colisiones
 - Caídas de personas al mismo nivel
 - Caídas de personas a distinto nivel
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinas
 - Ambiente pulvígeno
 - Ruido
- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendientes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - Para la limpieza se deben usar las herramientas adecuadas a lo que se va a limpiar.

- Se deben retirar todos los restos de materiales, áridos, pallets, escombros, etc. O bien a lugares de acopios o bien a vertederos autorizadas.
- Si se interfiere con el tráfico rodado o tránsito de personas, en estas actividades se tendrá que mantener la señalización.
- Equipos de protección individual
 - Casco de seguridad
 - Botas de seguridad con puntera reforzada
 - Guantes
 - Protecciones colectivas
 - Vallado perimetral de la obra
 - Señalización de seguridad
 - Señales de obligatoriedad de uso de casco, botas, guantes.
 - Señales de prohibición de paso a toda persona ajena a las obras

5.4. SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES DEL CENTRO DE TRABAJO

Se dispondrá de un botiquín en sitio visible y de fácil acceso, colocándose junto al mismo la dirección y teléfono de la compañía aseguradora, así como el del centro asistencial más próximo, médico, ambulancias, protección civil, bomberos y policía, indicándose en un plano la vía más rápida que comunica la obra en el centro asistencial más próximo. Los botiquines estarán a cargo de personas capacitadas designadas por la empresa y su contenido se revisará mensualmente y se repondrá inmediatamente lo usado.

El contenido mínimo será: Agua oxigenada, alcohol de 96º, tintura de yodo, mercurocromo, amoníaco, algodón hidrófilo, gasa estéril, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos, torniquete, bolsas de goma para agua y hielo, guantes esterilizados, jeringuilla, hervidor y termómetro clínico.

- Identificación de riesgos
 - Infecciones
- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendientes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - En la obra siempre habrá un vehículo para poder hacer el traslado al hospital.
 - En la casa de obra existirá un plano de la zona donde se identificarán las rutas a los hospitales más próximos.
 - Se colocará junto al botiquín un rótulo con todos los teléfonos de emergencia, servicios médicos, bomberos, ambulancias, etc.
 - Se proveerá un armarito conteniendo todo lo nombrado anteriormente, como instalación fija y que, con idéntico contenido, provea a uno o dos maletines-botiquín portátiles, dependiendo de la gravedad del riesgo y su frecuencia prevista.
- Equipos de protección individual
 - Guantes goma para limpieza y reposición de productos

5.5. ALMACENES

Con la distribución de las áreas de trabajo deberá hacerse una buena organización, en la que predomine el orden y limpieza en los lugares de acopio de material a montón.

- Señalización del Acopio.
 - Señalización de acceso solo a personal autorizado.
 - Marcación de la zona de acopio a montón.
 - Se vallará la zona de acopio a montón.
- Identificación de riesgos
 - Caída de objetos por desplome.
 - Caída de objetos por derrumbamiento.
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Golpes, cortes, etc., durante la manipulación o transporte del material a acopiar.
- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendentes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - Se mantendrá el orden y la limpieza en la zona de acopios y sus alrededores.
 - Los operarios dispondrán de los EPIS correspondientes.
 - La zona de acopio, carga, descarga y movimiento de material, se encontrará delimitadas, cada una de ellas.
 - Su ubicación permitirá una fácil comunicación para facilitar la carga y descarga del material acopiado a montón.
 - Se colocará la adecuada señalización.

5.6. MEDIDAS PREVENTIVAS EN LA ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

1. Conocimiento por parte de los trabajadores (sobre todo del jefe de obra) del plan de seguridad.
2. Entregar normativa de prevención a los usuarios de máquinas y herramientas, y medios auxiliares (normativa vigente y normas del fabricante).
3. Conservación de máquinas y medios auxiliares.
4. Ordenamiento del tráfico de vehículos y delimitación de zonas de acceso y de zonas de caída de objetos.
5. Señalización de la obra de acuerdo con la normativa vigente. Según decreto de señalización.
6. Protecciones de huecos en general.
7. Protecciones en cubiertas y fachadas evitando caídas de objetos o personas.
8. Entrada de materiales de forma ordenada y coordinada con el resto de la obra.
9. Orden y limpieza en toda la obra.
10. Delimitación de tajos y zonas de trabajo. Las vías y salidas de evacuación permanecen expeditas y desembocan directamente en el exterior. En caso de peligro, los trabajadores pueden evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente y en condiciones de máxima seguridad. Se puede abrir en cualquier momento desde el interior sin ayuda especial. Las vías y salidas de evacuación, así como las vías de circulación que den acceso a ellas, no están obstruidas por ningún objeto de manera que pueden utilizarse sin trabas en cualquier momento.
11. La instalación eléctrica y los dispositivos de protección tienen en cuenta la tensión, los factores externos condicionantes y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

5.7. PROTECCIONES COLECTIVAS

Las protecciones previstas son:

- Señales de indicación de peligro.
- Señales normalizadas para el tránsito de vehículos.
- Protecciones de huecos.
- Horcas y redes perimetrales.
- Barandillas rígidas.

Se comprobará que toda la maquinaria dispone de sus protecciones colectivas según la normativa vigente.

Relación de medidas alternativas de protección colectiva cuya utilización está prevista en esta obra y que han sido determinadas a partir de la "Identificación y evaluación de riesgos con la valoración de la eficacia de la prevención adoptada" en las diferentes unidades de obra evaluadas de esta misma Memoria de Seguridad y Salud.

5.8. PROTECCIONES PERSONALES

Será necesario:

- La protección del cuerpo mediante la ropa adecuada.
- Protección cabeza, extremidades, ojos y contra caídas de altura, con los siguientes medios.
 - Casco.
 - Poleas de seguridad.
 - Gafas antipartículas.
 - Guantes de protección eléctrica.
 - Cinturón de seguridad anticaída.
 - Protectores gomados.
 - Protectores contra ruido normalizados.

Del análisis de riesgos laborales realizados en esta Memoria de Seguridad y Salud, existen una serie de riesgos que se deben resolver con el empleo de equipos de protección individual (EPIs), cuyas especificaciones técnicas y requisitos establecidos para los mismos por la normativa vigente, se detallan en cada uno de los apartados siguientes.

5.8.1. PROTECCIÓN AUDITIVA

Protector individual contra el ruido compuesto por un casquete diseñado para ser presionado contra cada pabellón auricular, o por un casquete circumaural previsto para ser presionado contra la cabeza englobando al pabellón auricular. Los casquetes pueden ser presionados contra la cabeza por medio de un arnés especial de cabeza o de cuello.

5.8.2. PROTECCIÓN DE LA CABEZA

Casco destinado a proteger la cabeza del usuario de las heridas ocasionadas por el choque de la cabeza contra objetos inmóviles.

5.8.3. PROTECCIÓN DE LA CARA Y OJOS

Montura universal, Monturas integrales y pantallas faciales de resistencia incrementada para uso en general en diferentes actividades de construcción.

5.8.4. PROTECCIÓN DE MANOS Y BRAZOS

- Guantes de protección contra riesgos mecánicos de uso general.
 - Protección por igual : Guante que está fabricado con el mismo material y que está construido de modo que ofrezca un grado de protección uniforme a toda la superficie de la mano.
 - Protección específica : Guante que está construido para proporcionar un área de protección aumentada a una parte de la mano.
- Guantes y/o manoplas de material aislante para trabajos eléctricos.
 - Los guantes deben inflarse antes de cada uso para comprobar si hay escapes de aire y llevar a cabo una inspección visual.
 - La temperatura ambiente se recomienda que esté comprendida entre los 10°C y los 21°C.
 - No deberán exponerse innecesariamente al calor o a la luz, ni ponerse en contacto con aceite, grasa, trementina, alcohol o un ácido enérgico.
 - Si se ensucian los guantes hay que lavarlos con agua y jabón, a una temperatura que no supere la recomendada por el fabricante, secarlos a fondo y espolvorearlos con talco.

5.8.5. PROTECCIÓN DE PIES Y PIERNAS

- Calzado de seguridad, protección y trabajo de uso profesional de protección contra la perforación: Incorporan elementos de protección destinados a proteger al usuario de las lesiones que pudieran provocar los accidentes, en aquellos sectores de trabajo para los que el calzado ha sido concebido.
- Calzado aislante de la electricidad para trabajos e instalaciones de baja tensión: Protege al usuario contra el choque eléctrico, impidiendo el paso de una corriente peligrosa por el cuerpo a través de los pies.

6. PREVENCIÓN DE RIESGOS EN MAQUINARIA, HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES

La relación de medios auxiliares y maquinaria previstos en la obra es:

- Cinturones portaherramientas.
- Herramienta en general.
- Herramienta de mano.
- Herramienta de protección contra riesgos eléctricos.

Se realizarán mediante la aplicación de la ordenanza de trabajo y de las normas de homologación, en los casos que existan.

Se cumplirá lo indicado en el reglamento de máquinas y en las I.T.C. correspondientes. En el caso de las herramientas se dispondrá del folleto de instrucciones del fabricante.

7. EQUIPOS TECNICOS

Relación de máquinas, herramientas, instrumentos o instalación que van a utilizarse o cuya utilización está prevista en esta obra, con identificación de los riesgos laborales indicando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendientes a controlar y reducir dichos riesgos, incluyendo la identificación de riesgos en relación con el entorno de la obra en que se encuentran.

7.1. MAQUINARIA DE OBRA

7.1.1. MAQUINARIA PESADA

- Identificación de riesgos
 - Atropellos de personas
 - Vuelcos y/o colisiones
 - Vibraciones y ruido ambiental
 - Caídas al subir o bajar de la plataforma
 - Contactos con energía eléctrica
 - Quemaduras durante el mantenimiento
 - Sobreesfuerzos
- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendientes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - El contratista se asegurará de que es manejada por trabajadores cuya competencia y conocimiento han sido adquiridos por medio de la educación, formación y experiencia práctica relevante.
 - La utilización de este equipo se efectuará de acuerdo con el manual de instrucciones del fabricante.
- Equipos de protección individual
 - Casco de seguridad
 - Ropa de trabajo
 - Guantes de cuero
 - Calzado antideslizante
 - Ropa de abrigo (en tiempo frío)

7.1.2. MAQUINARIA DE COMPACTACIÓN Y EXTENDIDO (PISÓN NEUMÁTICO)

Se utilizará en determinadas operaciones de compactado en la obra, en terrenos húmedos y para suelos polvorientos (profundidad de asentado, de 20 a 40 cm.).

- Identificación de riesgos
 - Ruido y vibraciones
 - Atrapamientos
 - Golpes y cortes
 - Explosión
 - Maquina en marcha fuera de control
 - Proyección de objetos
 - Caídas al mismo nivel
 - Sobreesfuerzos

- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendientes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - Antes de poner en funcionamiento el pisón asegurarse de que están montadas todas las tapas y carcasas protectoras para evitar accidentes.
 - El pisón provoca polvo ambiental. Riéguese siempre la zona a alisar, o utilícese una máscara de filtro mecánico recambio
 - El pisón produce ruido. Utilícese siempre casco o tapones antirruído. Evitará perder agudeza de oído o quedarse sordo.
 - No dejar el pisón a ningún operario no cualificado, por inexperto podría accidentarse y accidentar a otros compañeros.
 - La posición de guía puede hacerle inclinar la espalda. Utilícese una faja elástica para evitar lumbalgia.
 - Las zonas en fase de apisonar quedarán cerradas al paso mediante señalización según detalle de planos, en prevención de accidentes.
 - El personal que tenga que utilizar las apisonadoras, conocerá perfectamente su manejo y riesgos profesionales propios de esta máquina.
- Equipos de protección individual
 - Casco de seguridad
 - Ropa de trabajo
 - Guantes de cuero
 - Calzado antideslizante
 - Trajes para tiempo lluvioso.
 - Gafas de seguridad antiproyecciones.
 - Protectores auditivos.

7.2. MAQUINARIA LIGERA

7.2.1. RADIALES ELÉCTRICAS

Utilizaremos esta herramienta radial eléctrica portátil para realizar diversas operaciones de corte en la obra.

- Identificación de riesgos
 - Cortes
 - Contacto con el dentado del disco en movimiento
 - Atrapamiento
 - Retroceso y proyección de los materiales
 - Proyección de partículas
 - Proyección de la herramienta de corte o de sus fragmentos y accesorios en movimiento
 - Emisión de polvo
 - Contacto con la energía eléctrica
- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendientes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - Antes de utilizar la máquina se debe conocer su manejo y adecuada utilización.
 - Antes de maniobrar, asegurarse de que la zona de trabajo esté despejada.
 - Usar el equipo de protección personal definido por obra.
 - No efectuar reparaciones con la máquina en marcha.

- Comunicar cualquier anomalía en el funcionamiento de la máquina al jefe más inmediato. Hacerlo preferiblemente por medio del parte de trabajo.
- Cumplir las instrucciones de mantenimiento.
- Equipos de protección individual
 - Casco de seguridad
 - Ropa de trabajo
 - Guantes de cuero
 - Gafas de seguridad antiproyecciones.
 - Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable

7.2.2. TALADROS ELÉCTRICOS Y DE BATERÍA

Esta máquina se utilizará en la obra para perforar o hacer agujeros (pasantes o ciegos) en cualquier material, utilizando siempre la broca adecuada al material a trabajar. La principal ventaja de los taladros de batería es su autonomía al poder utilizarse sin necesidad de que exista un enchufe.

- Identificación de riesgos
 - Cortes y golpes
 - Atrapamiento
 - Proyección de partículas
 - Emisión de polvo
 - Contacto con las correas de transmisión
- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendientes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - Antes de utilizar la máquina se debe conocer su manejo y adecuada utilización.
 - Antes de maniobrar, asegurarse de que la zona de trabajo esté despejada.
 - Usar el equipo de protección personal definido por obra.
 - No efectuar reparaciones con la máquina en marcha.
 - Comunicar cualquier anomalía en el funcionamiento de la máquina al jefe más inmediato. Hacerlo preferiblemente por medio del parte de trabajo.
 - Cumplir las instrucciones de mantenimiento.
- Equipos de protección individual
 - Casco de seguridad
 - Ropa de trabajo
 - Guantes de cuero
 - Calzado de seguridad
 - Protectores auditivos

7.2.3. ATORNILLADORES ELÉCTRICOS Y DE BATERÍA

Se utilizarán en diferentes operaciones de la obra porque sirve para atornillar en cualquier tipo de superficie. Su principal ventaja es su autonomía, al poder utilizarse sin necesidad de que exista un enchufe.

- Identificación de riesgos
 - Cortes y/o contusiones por el retroceso imprevisto y violento sobre la pieza que se trabaja

- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendientes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - Antes de utilizar el atornillador eléctrico se debe conocer su manejo y adecuada utilización.
 - Usar el equipo de protección personal definido por obra.
 - Cumplir las instrucciones de mantenimiento.
- Equipos de protección individual
 - Casco de seguridad
 - Guantes de cuero

7.2.4. HERRAMIENTAS MANUALES

Son herramientas cuyo funcionamiento se debe solamente al esfuerzo del operario que las utiliza, y en la obra se emplearán en diversas operaciones de naturaleza muy variada.

- Identificación de riesgos
 - Golpes en las manos y pies
 - Cortes en las manos
 - Lesiones oculares por partículas provenientes de los objetos que se trabajan y/o de la propia herramienta
 - Proyección de partículas
 - Caídas al mismo nivel
 - Caídas a distinto nivel
 - Esguinces por sobreesfuerzos o gestos violentos
 - Contacto con las correas de transmisión
- Medidas preventivas y protecciones técnicas adoptadas, tendientes a controlar y reducir los riesgos anteriores
 - Las herramientas manuales se utilizarán en aquellas tareas para las que han sido concebidas.
 - Deberá hacerse una selección de la herramienta correcta para el trabajo a realizar.
 - Deberá hacerse un mantenimiento adecuado de las herramientas para conservarlas en buen estado.
 - Deberá evitar un entorno que dificulte su uso correcto.
 - Se deberá guardar las herramientas en lugar seguro.
 - Siempre que sea posible se hará una asignación personalizada de las herramientas.
 - Antes de su uso se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.
 - Se mantendrán limpias de aceites, grasas y otras sustancias deslizantes.
 - Para evitar caídas, cortes o riesgos análogos, se colocarán en portaherramientas o estantes adecuados.
 - Durante su uso se evitará su depósito arbitrario por los suelos.
 - Los trabajadores recibirán instrucciones concretas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.

- Equipos de protección individual
 - Casco de seguridad
 - Guantes de cuero

8. ANALISIS DE RIESGOS CATASTROFICOS

La instalación en sí no precisa condiciones de seguridad frente al fuego, ya que no posee componentes inflamables ni combustibles. La instalación eléctrica se ajusta a lo dispuesto en su normativa específica, por lo que no entraña riesgos de incendio o explosión.

Como medidas preventivas se adoptarán las siguientes:

- Revisiones de la instalación eléctrica.
- Prohibición de hacer fuego en la obra de forma incontrolada.

La ubicación de la instalación ya dispone de extintores, convenientemente señalizados que son de fácil acceso y manipulación.

9. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

9.1. RECONOCIMIENTOS MEDICOS PERIODICOS

La empresa contratista queda obligada a facilitar y ejercer a sus operarios las revisiones médicas periódicas en los centros de salud correspondientes.

9.2. PRIMEROS AUXILIOS

En la obra se dispondrá de un botiquín con la dotación necesaria para atender primeros auxilios.

En la obra se dispondrá de información sobre centros médicos, ambulancias y urgencias.

10. MEDIDAS DE HIGIENE PERSONALES Y EN LAS INSTALACIONES

Las instalaciones previstas serán:

- Zona para vestuario y aseos con ducha lavabo e inodoro, con iluminación.
- El local dispone de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible.

11. MEDIDAS DE PREVENCIÓN ANTE LA SITUACIÓN DE EMERGENCIA SANITARIA POR EL COVID-19

11.1. OBJETO

El objetivo de esta sección es establecer las medidas preventivas oportunas en la situación actual de pandemia por coronavirus de forma que permita el desarrollo de la actividad de construcción en plantas solares de forma que se garantice la seguridad y salud de los trabajadores y evite la propagación del virus COVID-19.

11.2. AMBITO DE APLICACIÓN

Esta sección será de aplicación para los proyectos de construcción.

11.3. MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN Y ORGANIZATIVAS

Se definen las medidas preventivas a adoptar en la obra para garantizar la salud de trabajadores y personal de la obra y evitar la propagación del virus COVID-19, cuyas principales características son:

- La infección es transmisible de persona a persona y su contagio depende de la cantidad del virus en las vías respiratorias.
- Para que se produzca la infección se necesita un contacto directo de las secreciones respiratorias de una persona infectada con las mucosas (nariz, boca, ojos) de otra persona sana.
- La vía de transmisión entre humanos se considera principalmente por contacto directo de las manos con objetos contaminados con estas secreciones seguido del contacto con la mucosa de la boca, nariz u ojos.
- Parece poco probable la transmisión por el aire a distancias mayores de uno o dos metros.
- El período de incubación se considera que podría ser desde los 2 hasta los 14 días.
- Es imprescindible reforzar las medidas de higiene personal en todos los ámbitos de trabajo y frente a cualquier escenario de exposición.

11.3.1. ACCESO A LA OBRA

Se organizará la entrada a obra por grupos de trabajo en intervalos de 15 min para que no haya contacto entre ellos. A esos grupos de trabajo se les asignarán en la medida de lo posible un comedor, un vestuario, un aseo, un vehículo, etc, con el fin de garantizar la trazabilidad en el caso de darse un positivo por COVID-19

Sera obligatoria la desinfección/higienización previo acceso a la obra. Esta se podrá realizar a través de dispensadores de gel desinfectante.

Los trabajadores deberán pasar un control de temperatura antes de acceder a las instalaciones.

En caso de presentar temperatura alta en el control de accesos o que empiece a presentar síntomas mientras realiza sus trabajos, deberá:

- No acceder a las instalaciones o dejar de trabajar en ese mismo momento e irse inmediatamente a casa. Si va con vehículo compartido, él y su compañero directo se retirarán conjuntamente.
- Avisar a su responsable, y este al departamento de prevención del cliente, dependiendo de donde realiza los trabajos.
- El resto de personal seguirá trabajando y se valorarán los posibles contactos estrechos antes de proceder a la retirada de cualquier otro trabajador. Se seguirán los pasos definidos en el apartado anterior.

Los trabajadores no deben pasear por las instalaciones, sino ir directamente a la zona donde se debe realizar el trabajo, de manera que no se tenga contacto con nadie que no sea estrictamente necesario para el desempeño de su trabajo.

11.3.2. MEDIDAS ORGANIZACIONALES EN OBRA

Se garantizará la distancia de seguridad entre trabajadores, evitando aglomeraciones o agrupaciones de los trabajadores que supongan un contacto entre los mismos, tanto en la obra como en todas las dependencias e instalaciones de la misma.

Se dispondrá en las zonas comunes la cartelería que están prescribiendo las autoridades sanitarias, en especial aquellas que informen sobre higiene y uso correcto de equipos de protección (limpieza y desinfección de manos, como ponerse y quitarse las mascarillas y guantes, etc.).

Se informará a los trabajadores de los síntomas causados por el COVID-19 para que estén atentos y sepan actuar de acuerdo a las instrucciones de las autoridades sanitarias. Cada trabajador deberá tomarse la temperatura en su domicilio, y abstenerse de acudir en caso de presentar síntomas compatibles con COVID-19.

Concienciar a nuestros proveedores y subcontratas de que nos informen de cualquier detección o positivo que alguno de sus trabajadores haya detectado indicando en qué centro de trabajo ha desarrollado su actividad, con el objetivo de informar a las personas que hayan podido estar en contacto con el afectado.

Se fomentarán las medidas de higiene personal recomendadas por las autoridades sanitarias, poniendo a disposición de los trabajadores geles desinfectantes a base de solución hidroalcohólica en las zonas comunes.

No compartir los EPI's ahora más que nunca.

Las herramientas de trabajo en la medida de lo posible deberán ser intransferibles.

No compartir botellas de agua. Todas las botellas deben estar perfectamente identificadas con el nombre del propietario.

En cuanto se constate el menor indicio de que algún trabajador o personal de la obra presente síntomas de la enfermedad, se seguirá rigurosamente el protocolo sanitario establecido.

En cuanto a los desplazamientos de trabajadores a obra, se recomienda limitar el número de pasajeros por vehículo, estableciendo que estos desplazamientos se realicen de forma individual de forma que se respeten los protocolos sanitarios establecidos.

En caso de recibir camiones para carga y descarga de material, herramientas o equipos, se deberá priorizar la descarga por parte del transportista en una zona habilitada a tal efecto y en caso de no poder realizarse únicamente por él, si fuera necesario ayuda de más personal, se deberán respetar la distancia de 2 metros. Está prohibido acceder a la cabina de gruistas o transportistas.

Periódicamente se procederá a una higienización por ozono de todas las instalaciones de la obra.

11.3.3. MEDIDAS DE HIGIENE PERSONAL

Hay que lavarse las manos regularmente con un desinfectante a base de alcohol o con agua preferentemente caliente y jabón durante, al menos, un minuto. Además, hay que evitar tocarse los ojos, la nariz y la boca.

Es necesario lavarse las manos antes y después de tocarse los ojos, la nariz o la boca, comer, ir al baño, después de toser o estornudar, viajar en transporte público, tocar objetos compartidos, etc. De forma alternativa, se puede usar gel desinfectante para las manos a base de solución hidroalcohólica. Si se usa gel, hay que frotarse las manos hasta que el gel se seque y no se necesita agua para que haga efecto. Los componentes que contiene eliminan los gérmenes que haya en las manos.

Cubrirse la boca y nariz al toser o estornudar con un pañuelo desechable o papel higiénico y tirarlo en un contenedor de basura con tapa o cierre la bolsa y luego lávese las manos. Si no se tiene pañuelo de papel debe toser o estornudar sobre su brazo en el ángulo interno del codo, con el propósito de no contaminar las manos.

ANEXO A – INFORMES PVSYST

Los informes de PVSyst de este proyecto son los siguientes:

Jamalco

- PVSyst_Jamalco

Freetown

- PVSyst_Freetown

Linstead

- PVSyst_Linstead

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : **Jamalco Project for Offer**

Geographical Site	Bowens Hall	Country	Jamaica	
Situation Time defined as	Latitude	17.90° N	Longitude	-77.24° W
	Legal Time	Time zone UT-5	Altitude	46 m
	Albedo	0.20		
Meteo data:	Bowens Hall	Meteonorm 7.3, Sat=100% - Synthetic		

Simulation variant : **VC1-Jamalco-Simulation_NearShading**

Simulation date 07/10/20 12h17

Simulation parameters	System type	Tables on a building	
Collector Plane Orientation	Tilt	10°	Azimuth 0°
Sheds configuration	Nb. of sheds	373	Identical arrays
	Sheds spacing	7.80 m	Collector width 4.21 m
Shading limit angle	Limit profile angle	11.3°	Ground Cov. Ratio (GCR) 53.9%
Models used	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteonorm separate
			Circumsolar
Horizon	Average Height	2.0°	
Near Shadings	According to module strings		Electrical effect 100 %
User's needs :	Unlimited load (grid)		

PV Array Characteristics

PV module	Si-mono	Model	LR4-72 HIH 455 M G2	
Original PVsyst database		Manufacturer	Longi Solar	
Number of PV modules		In series	30 modules	In parallel 671 strings
Total number of PV modules		nb. modules	20130	Unit Nom. Power 455 Wp
Array global power		Nominal (STC)	9159 kWp	At operating cond. 8370 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	1120 V	I mpp 7470 A
Total area		Module area	43754 m²	Cell area 39944 m²

Inverter		Model	SUN2000-185KTL-H1	
Original PVsyst database		Manufacturer	Huawei Technologies	
Characteristics		Unit Nom. Power	175 kWac	Oper. Voltage 550-1500 V
		Max. power (=>30°C)	185 kWac	
Inverter pack		Total power	7700 kWac	Pnom ratio 1.19
		Nb. of inverters	44 units	
Total		Total power	7700 kWac	Pnom ratio 1.19

PV Array loss factors

Array Soiling Losses		Loss Fraction	1.5 %
Thermal Loss factor	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	0.66 m	Loss Fraction 0.4 % at STC
LID - Light Induced Degradation			Loss Fraction 1.8 %
Module Quality Loss			Loss Fraction -0.4 %
Module mismatch losses			Loss Fraction 0.4 % at MPP
Strings Mismatch loss			Loss Fraction 0.10 %

Grid-Connected System: Simulation parameters

Incidence effect (IAM): User defined profile

0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000

System loss factors

AC loss, inverter to injection

Inverter voltage 800 Vac tri
Wires: 3 x 5000 mm² 435 m

Loss Fraction 2.3 % at STC

Grid-Connected System: Horizon definition

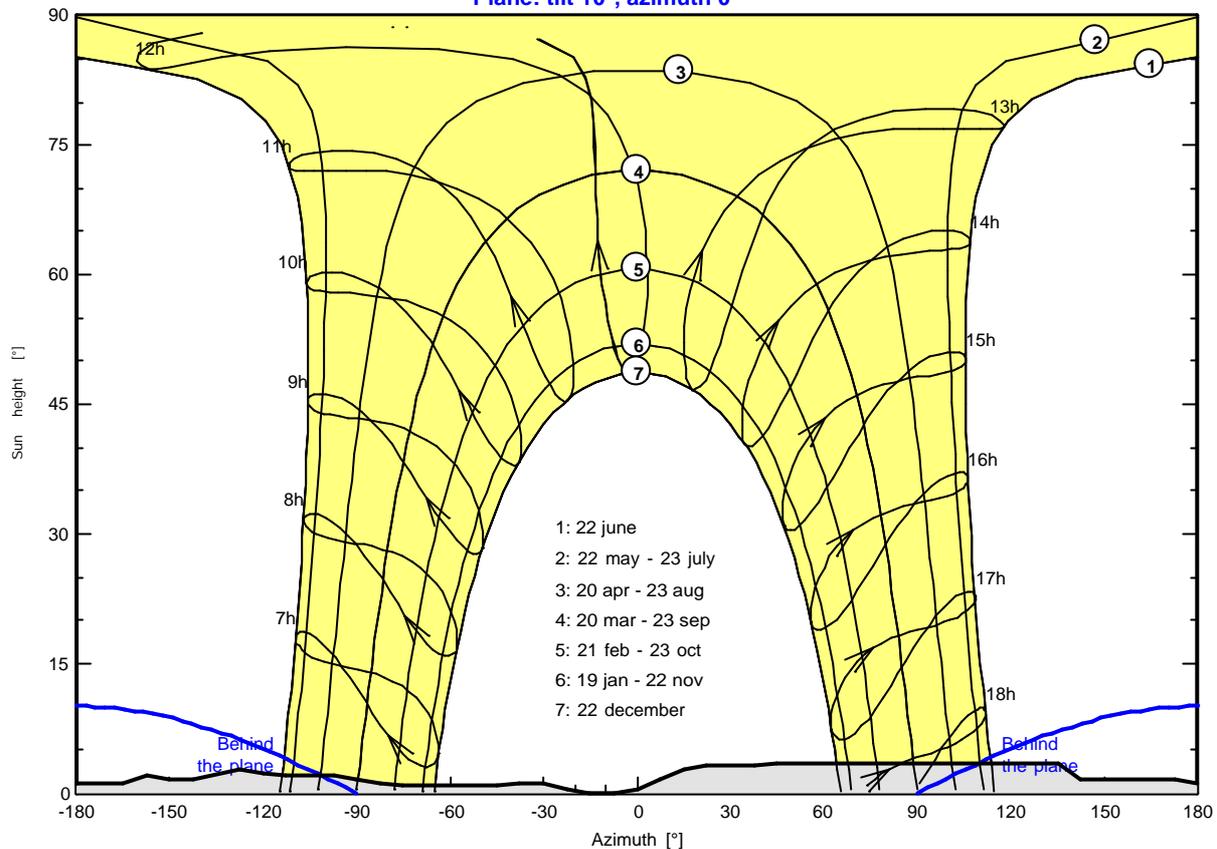
Project : Jamalco Project for Offer
Simulation variant : VC1-Jamalco-Simulation_NearShading

Main system parameters	System type	Tables on a building	
Horizon	Average Height	2.0°	
Near Shadings	According to module strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	azimuth	0°
PV modules	Model	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	Pnom total	9159 kWp
Inverter	Model	Pnom	175 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	Pnom total	7700 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Horizon	Average Height	2.0°	Diffuse Factor	1.00
	Albedo Factor	100%	Albedo Fraction	0.92

Height [°]	1.1	1.1	1.9	1.5	1.5	2.7	2.3	1.9	1.9	1.5	1.1	0.8	0.8	1.1
Azimuth [°]	-180	-165	-158	-150	-143	-128	-120	-113	-98	-90	-83	-75	-45	-38
Height [°]	1.1	0.4	0.0	0.0	0.4	1.5	2.7	3.1	3.1	3.4	3.4	1.5	1.5	1.1
Azimuth [°]	-30	-23	-15	-8	0	8	15	23	38	45	135	143	173	180

Horizon from PVGIS website API, Lat=17°53'53", Long=-77°14'40", Alt=46m
 Plane: tilt 10°, azimuth 0°

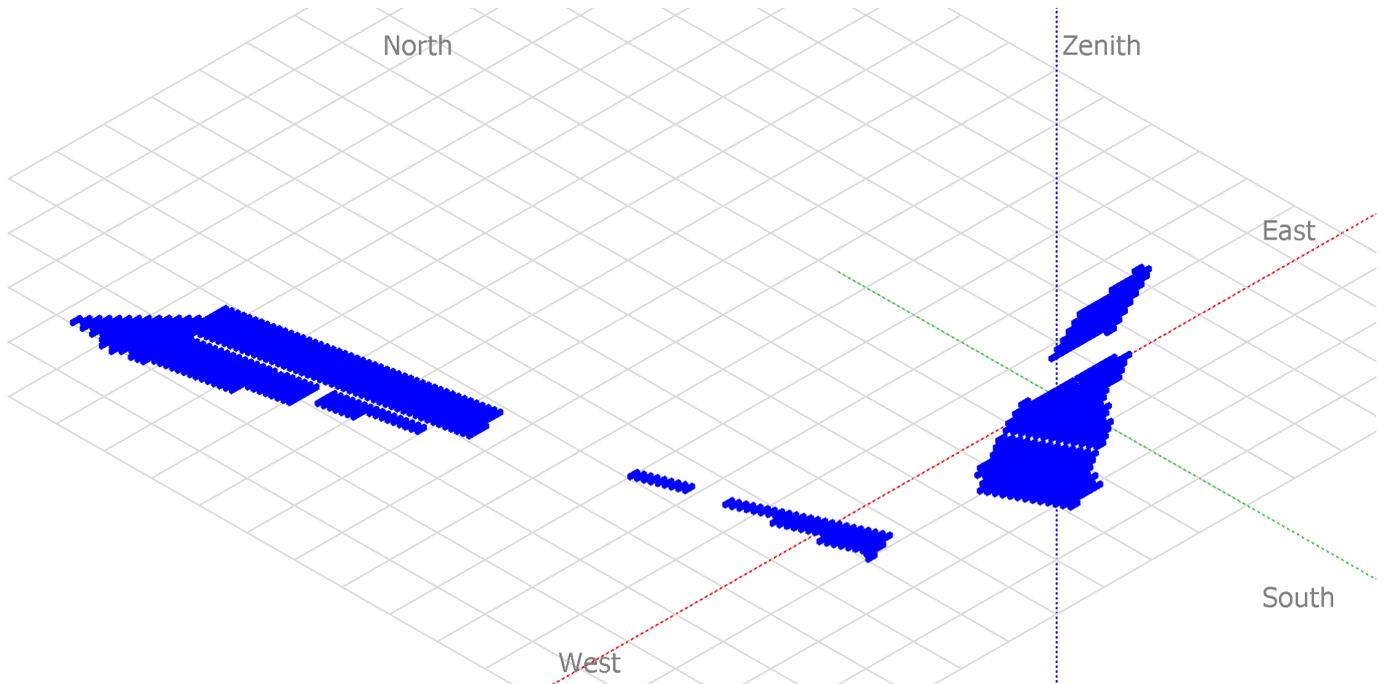


Grid-Connected System: Near shading definition

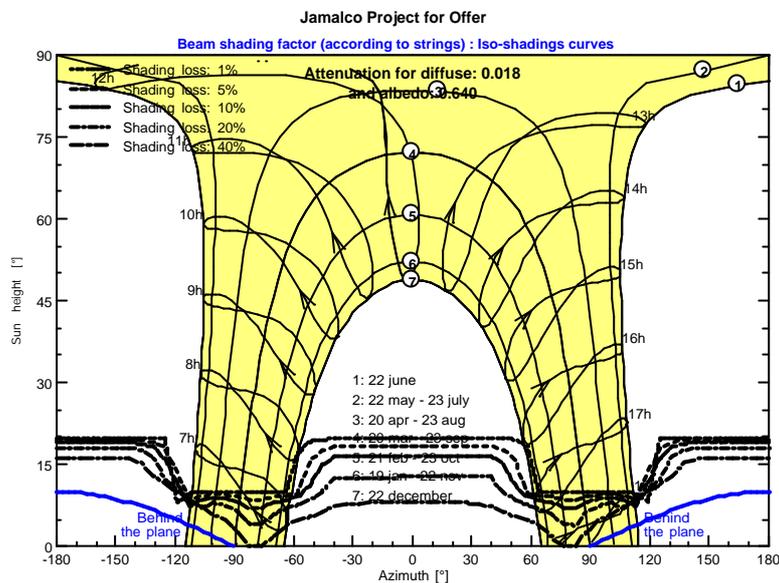
Project : Jamalco Project for Offer
Simulation variant : VC1-Jamalco-Simulation_NearShading

Main system parameters	System type	Tables on a building	
Horizon	Average Height	2.0°	
Near Shadings	According to module strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	azimuth	0°
PV modules	Model	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	Pnom total	9159 kWp
Inverter	Model	Pnom	175 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	Pnom total	7700 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram



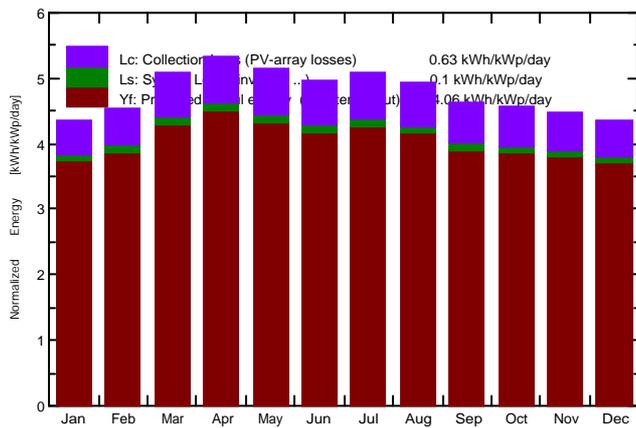
Grid-Connected System: Main results

Project : Jamalco Project for Offer
Simulation variant : VC1-Jamalco-Simulation_NearShading

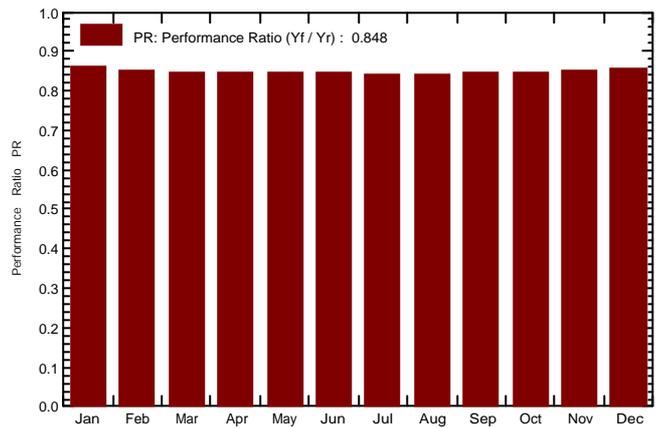
Main system parameters	System type	Tables on a building	
Horizon	Average Height	2.0°	
Near Shadings	According to module strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	azimuth	0°
PV modules	Model	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	Pnom total	9159 kWp
Inverter	Model	Pnom	175 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	Pnom total	7700 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results
 System Production **Produced Energy 13562 MWh/year** Specific prod. 1481 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR **84.79 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 9159 kWp



Performance Ratio PR



VC1-Jamalco-Simulation_NearShading Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	122.4	63.29	25.11	135.1	129.4	1089	1064	0.860
February	117.8	58.00	25.59	127.2	121.8	1018	994	0.853
March	151.5	75.23	26.83	157.1	150.9	1251	1220	0.848
April	159.7	80.50	27.73	160.0	153.5	1269	1237	0.844
May	162.8	96.43	29.12	158.9	152.0	1259	1230	0.845
June	153.4	88.98	29.32	148.3	142.0	1175	1147	0.844
July	162.1	86.36	29.84	157.2	150.6	1240	1211	0.841
August	154.3	90.13	29.30	153.1	146.5	1210	1181	0.843
September	136.2	76.85	28.14	138.9	133.0	1100	1074	0.844
October	134.0	70.44	27.58	141.4	135.8	1125	1098	0.848
November	122.5	57.44	26.63	134.2	128.8	1074	1048	0.853
December	120.2	51.80	25.94	135.0	129.4	1083	1058	0.856
Year	1696.9	895.45	27.61	1746.3	1673.7	13893	13562	0.848

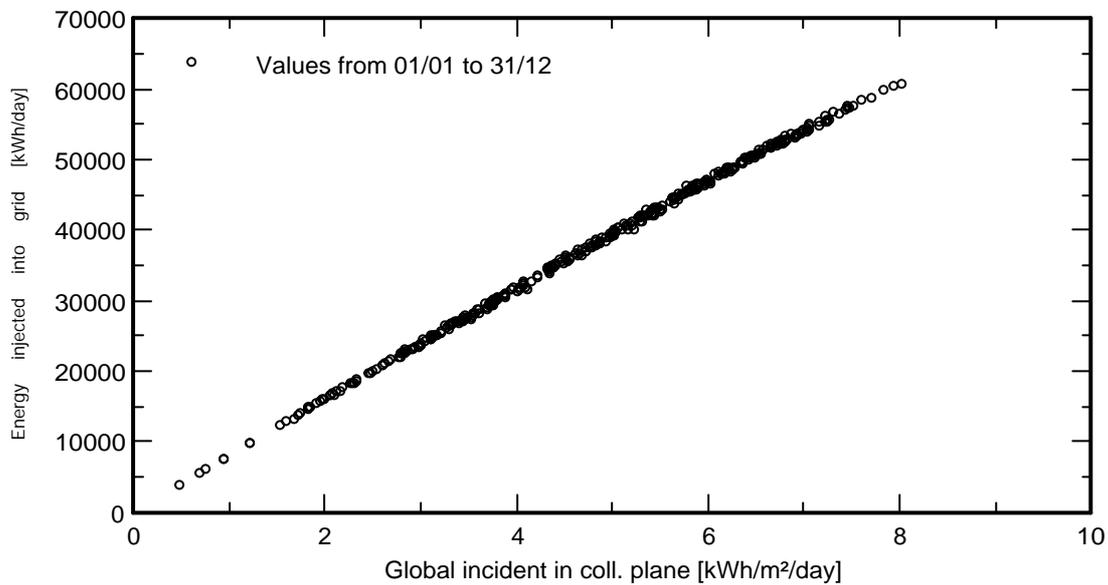
Legends: GlobHor Global horizontal irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb T amb. E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

Grid-Connected System: Special graphs

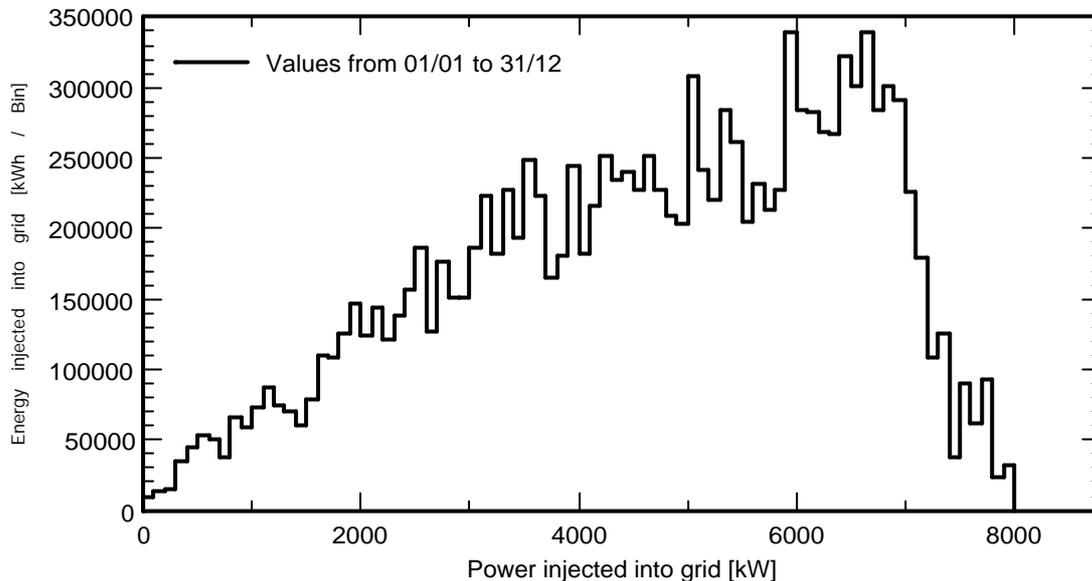
Project : Jamalco Project for Offer
Simulation variant : VC1-Jamalco-Simulation_NearShading

Main system parameters	System type	Tables on a building	
Horizon	Average Height	2.0°	
Near Shadings	According to module strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	azimuth	0°
PV modules	Model	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	Pnom total	9159 kWp
Inverter	Model	Pnom	175 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	Pnom total	7700 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



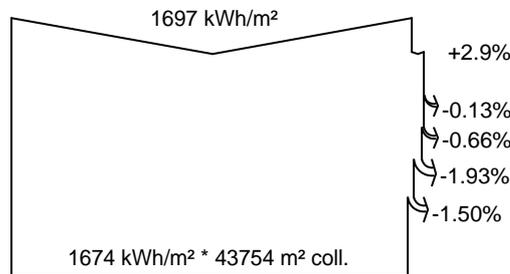
Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Jamalco Project for Offer

Simulation variant : VC1-Jamalco-Simulation_NearShading

Main system parameters	System type	Tables on a building	
Horizon	Average Height	2.0°	
Near Shadings	According to module strings	Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	azimuth	0°
PV modules	Model	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	Pnom total	9159 kWp
Inverter	Model	Pnom	175 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	Pnom total	7700 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Loss diagram over the whole year



Global horizontal irradiation
Global incident in coll. plane

- Far Shadings / Horizon
- Near Shadings: irradiance loss
- IAM factor on global
- Soiling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

- PV loss due to irradiance level
- PV loss due to temperature

Shadings: Electrical Loss acc. to strings
 Module quality loss

- LID - Light induced degradation
- Mismatch loss, modules and strings
- Ohmic wiring loss

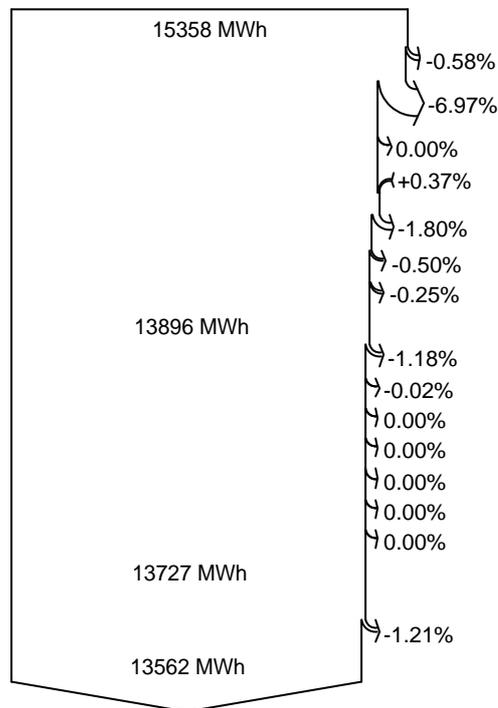
Array virtual energy at MPP

- Inverter Loss during operation (efficiency)
- Inverter Loss over nominal inv. power
- Inverter Loss due to max. input current
- Inverter Loss over nominal inv. voltage
- Inverter Loss due to power threshold
- Inverter Loss due to voltage threshold
- Night consumption

Available Energy at Inverter Output

AC ohmic loss

Energy injected into grid



Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : **Freetown PV Plant**

Geographical Site	Freetown	Country	Jamaica	
Situation	Latitude	17.90° N	Longitude	-77.15° W
Time defined as	Legal Time	Time zone UT-5	Altitude	91 m
	Albedo	0.20		
Meteo data:	Freetown	Meteonorm 7.3, Sat=100% - Synthetic		

Simulation variant : **VC0-FREETOWN**

Simulation date 15/10/20 09h54

Simulation parameters	System type	Sheds on ground		
Collector Plane Orientation	Tilt	10°	Azimuth	0°
Sheds configuration	Nb. of sheds	56	Identical arrays	
	Sheds spacing	10.00 m	Collector width	4.21 m
Shading limit angle	Limit profile angle	7.1°	Ground Cov. Ratio (GCR)	42.1%
Models used	Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
			Circumsolar	separate
Horizon	Free Horizon			
Near Shadings	According to module strings		Electrical effect	100 %
User's needs :	Unlimited load (grid)			
Power factor	Cos(phi)	0.800 leading	Phi	36.9°

PV Array Characteristics

PV module	Si-mono	Model	LR4-72 HPH 455 M G2		
Original PVsyst database		Manufacturer	Longi Solar		
Number of PV modules		In series	22 modules	In parallel	107 strings
Total number of PV modules		nb. modules	2354	Unit Nom. Power	455 Wp
Array global power		Nominal (STC)	1071 kWp	At operating cond.	979 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	822 V	I mpp	1192 A
Total area		Module area	5117 m²	Cell area	4671 m²

Inverter		Model	SUN2000-60KTL-M0_400Vac		
Custom parameters definition		Manufacturer	Huawei Technologies		
Characteristics		Unit Nom. Power	60.0 kWac	Oper. Voltage	200-1000 V
		Max. power (=>30°C)	66.0 kWac		
Inverter pack		Total power	720 kWac	Pnom ratio	1.49
		Nb. of inverters	12 units		
Total		Total power	720 kWac	Pnom ratio	1.49

PV Array loss factors

Array Soiling Losses		Loss Fraction	1.5 %	
Thermal Loss factor	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	11 m	Loss Fraction	1.5 % at STC
LID - Light Induced Degradation			Loss Fraction	1.8 %
Module Quality Loss			Loss Fraction	-0.4 %
Module mismatch losses			Loss Fraction	0.4 % at MPP
Strings Mismatch loss			Loss Fraction	0.10 %

Grid-Connected System: Simulation parameters

Incidence effect (IAM): User defined profile

0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000

System loss factors

AC loss, inverter to injection

Inverter voltage 400 Vac tri
Wires: 3 x 1000 mm² 295 m

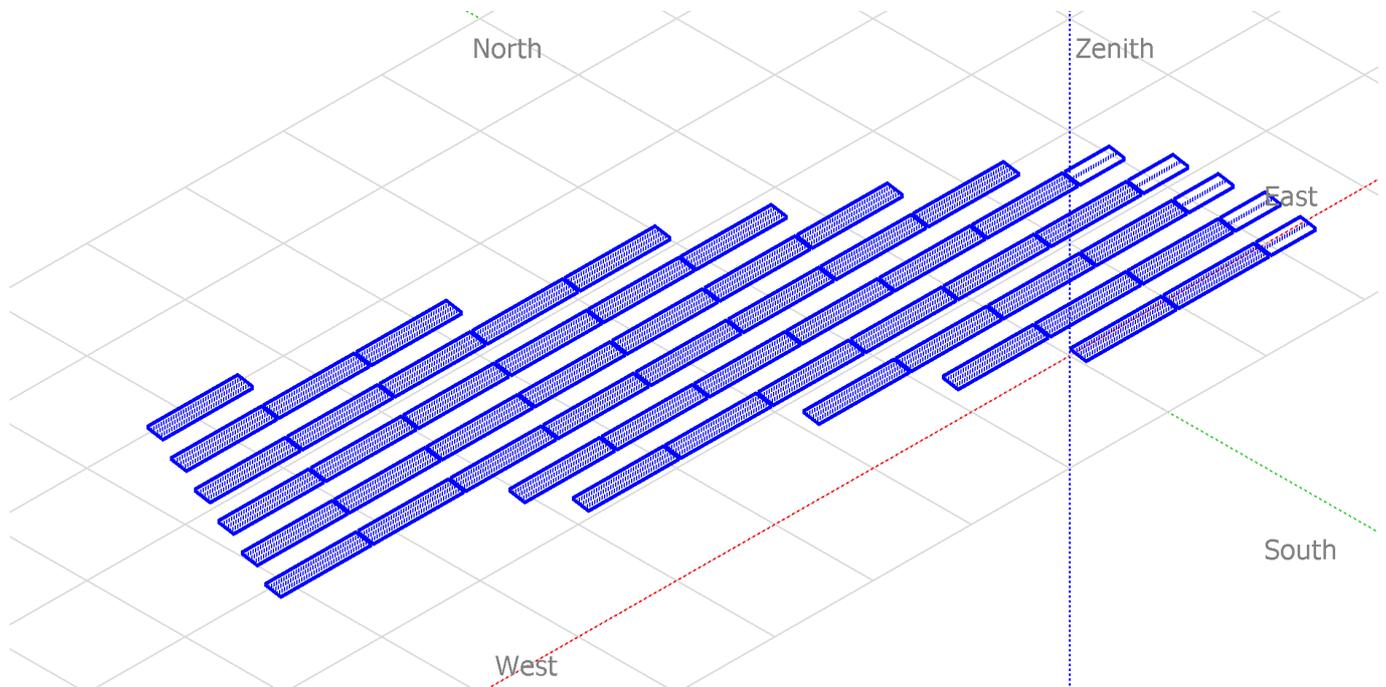
Loss Fraction 5.7 % at STC

Grid-Connected System: Near shading definition

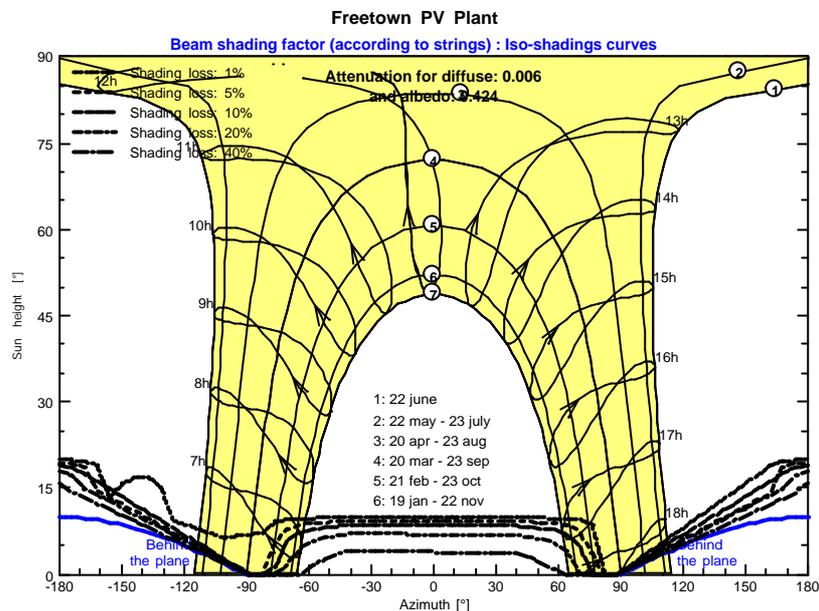
Project : Freetown PV Plant
Simulation variant : VC0-FREETOWN

Main system parameters		System type	Sheds on ground	
Near Shadings	According to module strings		Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	10°	azimuth	0°
PV modules	Model	LR4-72 HPH 455 M G2	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	2354	Pnom total	1071 kWp
Inverter	Model	SUN2000-60KTL-M0_400Vac	Pnom total	60.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	12.0	Pnom total	720 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		Cos(phi)	0.800 leading

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram



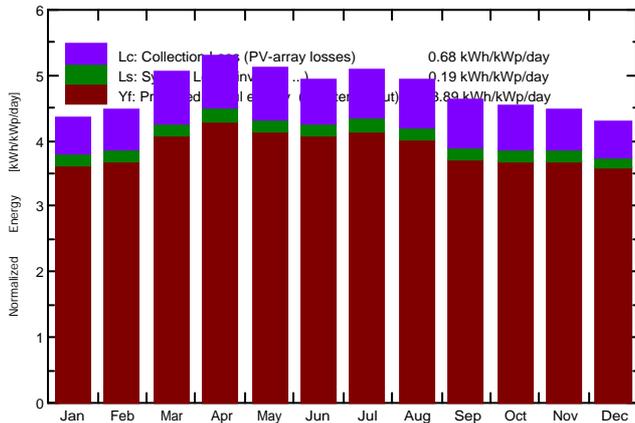
Grid-Connected System: Main results

Project : Freetown PV Plant
Simulation variant : VC0-FREETOWN

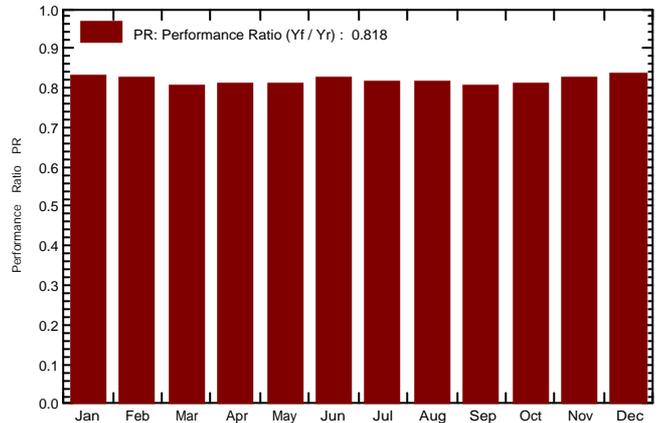
Main system parameters		System type	Sheds on ground	
Near Shadings	According to module strings		Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	10°	azimuth	0°
PV modules	Model	LR4-72 HPH 455 M G2	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	2354	Pnom total	1071 kWp
Inverter	Model	SUN2000-60KTL-M0_400Vac	Pnom total	60.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	12.0	Pnom total	720 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		Cos(phi)	0.800 leading

Main simulation results		Produced Energy	1522 MWh/year	Specific prod.	1421 kWh/kWp/year
System Production	Apparent energy	1903 MVAh		Perf. Ratio PR	81.80 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1071 kWp



Performance Ratio PR



VC0-FREETOWN Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	122.0	61.07	25.08	134.6	129.4	125.9	120.1	0.833
February	117.2	63.99	25.46	125.2	120.3	116.1	110.7	0.826
March	150.8	74.22	26.73	156.1	150.2	141.8	135.0	0.808
April	159.0	84.14	27.73	158.9	153.0	145.1	138.1	0.811
May	162.1	92.17	29.02	158.1	151.8	143.9	137.3	0.811
June	153.1	93.16	29.22	148.1	142.3	136.8	130.7	0.824
July	161.7	91.80	29.74	157.2	151.1	144.3	137.7	0.818
August	153.9	88.84	29.31	152.3	146.4	139.7	133.3	0.817
September	135.8	69.66	28.14	138.8	133.3	125.6	119.7	0.805
October	133.5	64.58	27.58	140.7	135.7	128.1	122.1	0.810
November	122.2	54.85	26.64	134.1	129.2	124.2	118.3	0.824
December	119.9	61.01	25.93	133.1	127.9	124.5	119.0	0.835
Year	1691.3	899.48	27.56	1737.3	1670.8	1595.9	1522.0	0.818

Legends: GlobHor Global horizontal irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb T amb. E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

Grid-Connected System: Special graphs

Project : Freetown PV Plant

Simulation variant : VC0-FREETOWN

Main system parameters

System type **Sheds on ground**

Near Shadings

According to module strings

Electrical effect 100 %

PV Field Orientation

tilt 10°

azimuth 0°

PV modules

Model LR4-72 HPH 455 M G2

Pnom 455 Wp

PV Array

Nb. of modules 2354

Pnom total

1071 kWp

Inverter

Model SUN2000-60KTL-M0_400Vac

60.0 kW ac

Inverter pack

Nb. of units 12.0

Pnom total

720 kW ac

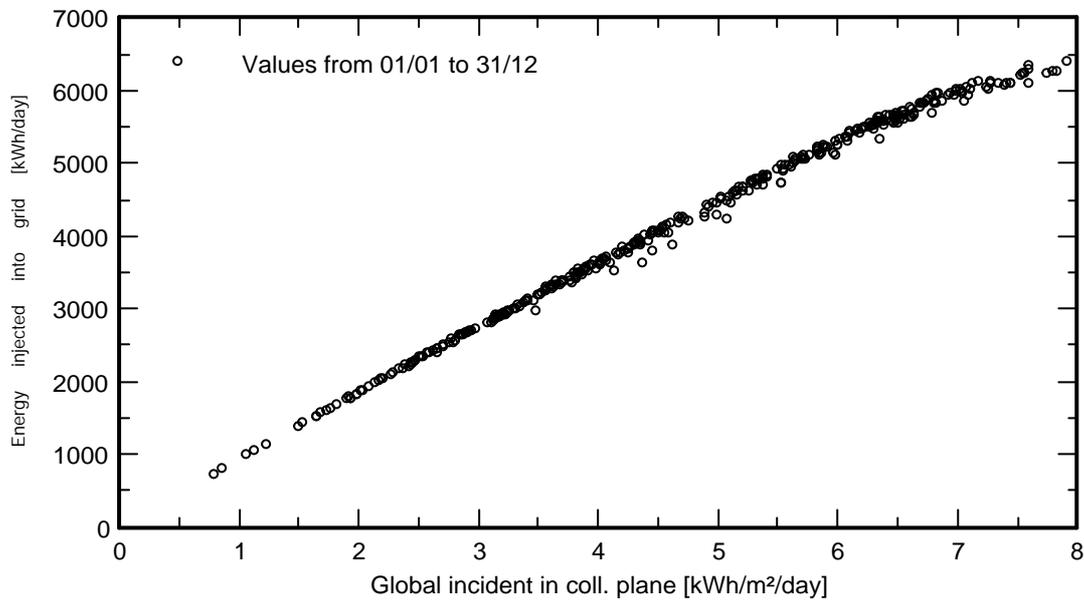
User's needs

Unlimited load (grid)

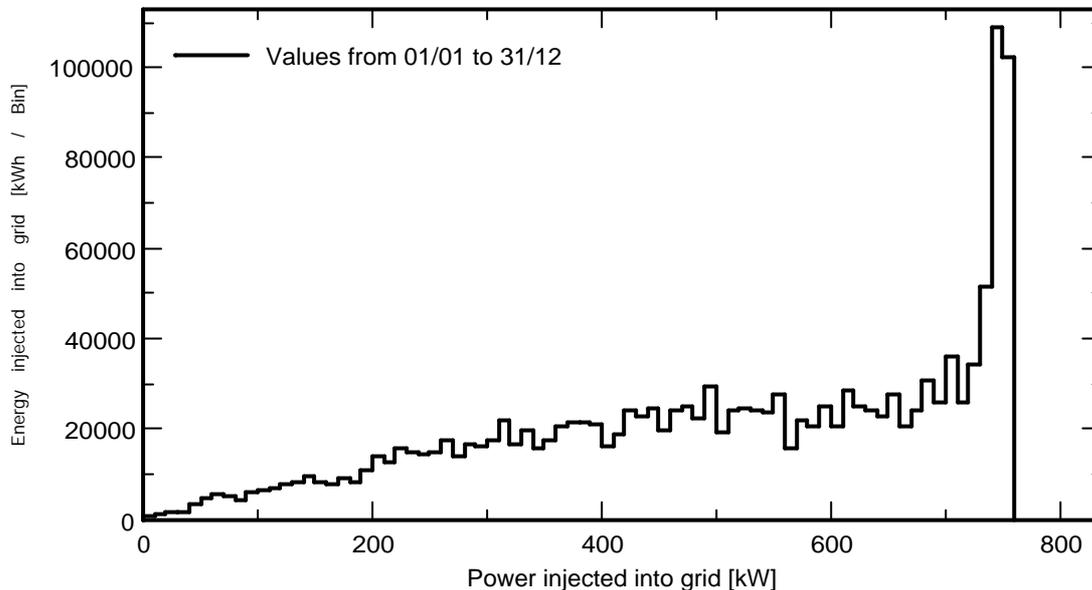
Cos(phi)

0.800 leading

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

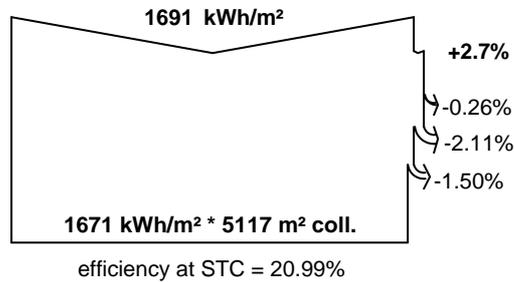


Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Freetown PV Plant
Simulation variant : VC0-FREETOWN

Main system parameters	System type	Sheds on ground
Near Shadings	According to module strings	Electrical effect 100 %
PV Field Orientation	tilt 10°	azimuth 0°
PV modules	Model LR4-72 HPH 455 M G2	Pnom 455 Wp
PV Array	Nb. of modules 2354	Pnom total 1071 kWp
Inverter	Model SUN2000-60KTL-M0_400Vac	60.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units 12.0	Pnom total 720 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	Cos(phi) 0.800 leading

Loss diagram over the whole year



Global horizontal irradiation
Global incident in coll. plane

Near Shadings: irradiance loss
 IAM factor on global
 Soiling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level
 PV loss due to temperature

Shadings: Electrical Loss acc. to strings
 Module quality loss

LID - Light induced degradation
 Mismatch loss, modules and strings
 Ohmic wiring loss

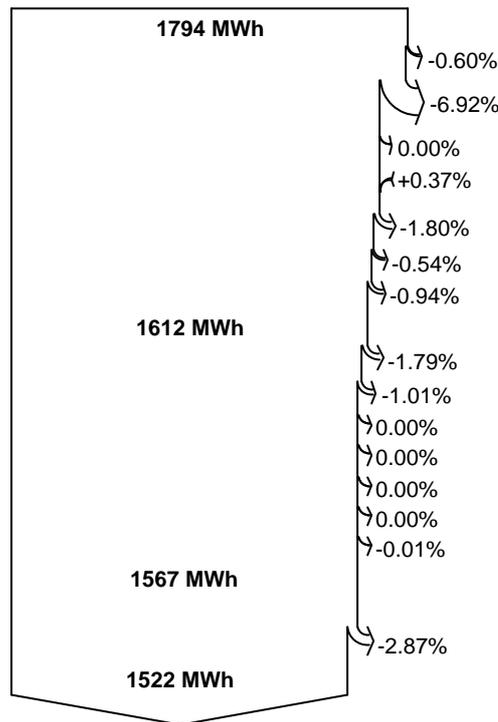
Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)
 Inverter Loss over nominal inv. power
 Inverter Loss due to max. input current
 Inverter Loss over nominal inv. voltage
 Inverter Loss due to power threshold
 Inverter Loss due to voltage threshold
 Night consumption

Available Energy at Inverter Output

AC ohmic loss

Active Energy injected into grid



Reactive energy to the grid: Cos(phi) = 0.800

Apparent energy to the grid

1142 MVAR
 1903 MVA

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : **LINSTEAD**

Geographical Site	Linstead	Country	Jamaica
Situation	Latitude	Longitude	-77.04° W
Time defined as	Legal Time	Altitude	414 m
	Albedo		0.20
Meteo data:	Linstead	Meteonorm 7.3, Sat=100% - Synthetic	

Simulation variant : **VC0-LINSTEAD**

Simulation date 15/10/20 10h03

Simulation parameters	System type	Sheds on ground	
Collector Plane Orientation	Tilt	10°	Azimuth 0°
Sheds configuration	Nb. of sheds	15	Identical arrays
	Sheds spacing	8.00 m	Collector width 4.21 m
Shading limit angle	Limit profile angle	10.7°	Ground Cov. Ratio (GCR) 52.6%
Models used	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteonorm separate
			Circumsolar
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	According to module strings	Electrical effect	100 %
User's needs :	Unlimited load (grid)		
Power factor	Cos(phi)	0.800 leading	Phi 36.9°

PV Array Characteristics

PV module	Si-mono	Model	LR4-72 HPH 455 M G2	
Original PVsyst database		Manufacturer	Longi Solar	
Number of PV modules		In series	22 modules	In parallel 30 strings
Total number of PV modules		nb. modules	660	Unit Nom. Power 455 Wp
Array global power		Nominal (STC)	300 kWp	At operating cond. 275 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	822 V	I mpp 334 A
Total area		Module area	1435 m²	Cell area 1310 m²

Inverter	Model	SUN2000-60KTL-M0_400Vac		
Custom parameters definition	Manufacturer	Huawei Technologies		
Characteristics	Unit Nom. Power	60.0 kWac	Oper. Voltage	200-1000 V
	Max. power (=>30°C)	66.0 kWac		
Inverter pack	Total power	240 kWac	Pnom ratio	1.25
	Nb. of inverters	4 units		
Total	Total power	240 kWac	Pnom ratio	1.25

PV Array loss factors

Array Soiling Losses		Loss Fraction	1.5 %
Thermal Loss factor	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	41 m	Loss Fraction 1.5 % at STC
LID - Light Induced Degradation			Loss Fraction 1.8 %
Module Quality Loss			Loss Fraction -0.4 %
Module mismatch losses			Loss Fraction 2.0 % at MPP
Strings Mismatch loss			Loss Fraction 0.10 %

Grid-Connected System: Simulation parameters

Incidence effect (IAM): User defined profile

0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000

System loss factors

AC loss, inverter to injection

Inverter voltage 400 Vac tri
Wires: 3 x 300 mm² 105 m

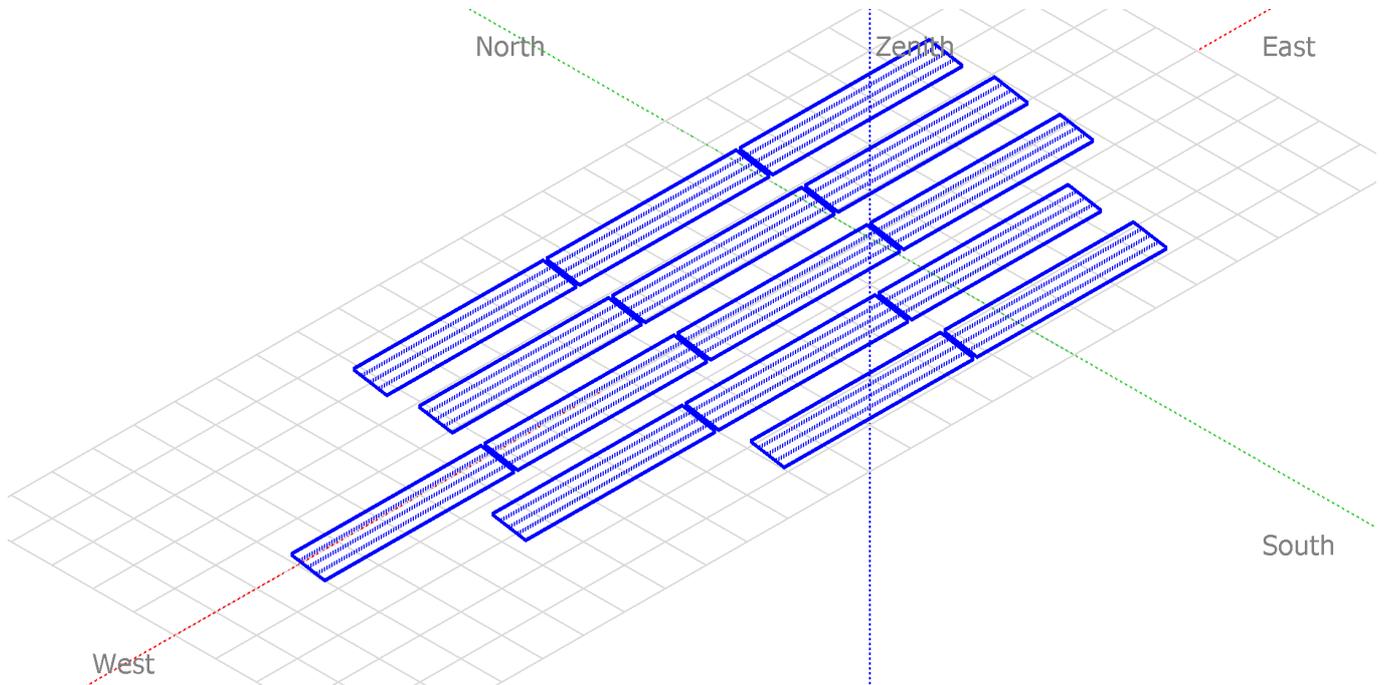
Loss Fraction 1.9 % at STC

Grid-Connected System: Near shading definition

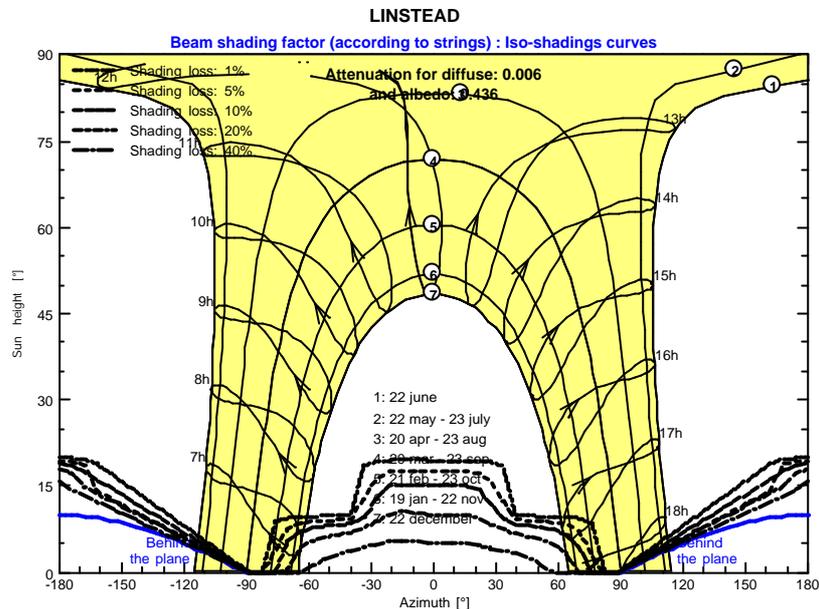
Project : LINSTEAD
Simulation variant : VC0-LINSTEAD

Main system parameters		System type	Sheds on ground	
Near Shadings	According to module strings		Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	10°	azimuth	0°
PV modules	Model	LR4-72 HPH 455 M G2	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	660	Pnom total	300 kWp
Inverter	Model	SUN2000-60KTL-M0_400Vac	Pnom total	60.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4.0	Pnom total	240 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		Cos(phi)	0.800 leading

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram



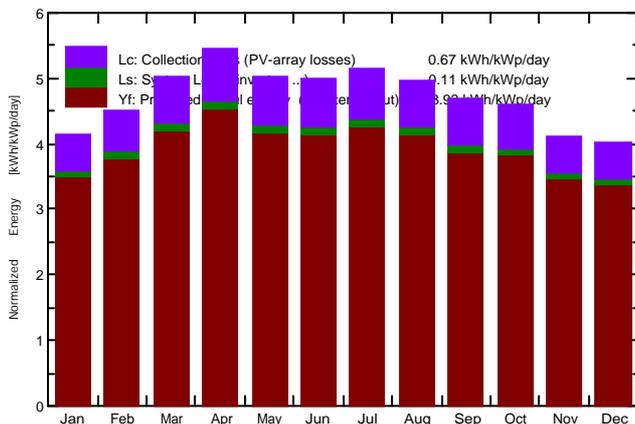
Grid-Connected System: Main results

Project : LINSTEAD
Simulation variant : VC0-LINSTEAD

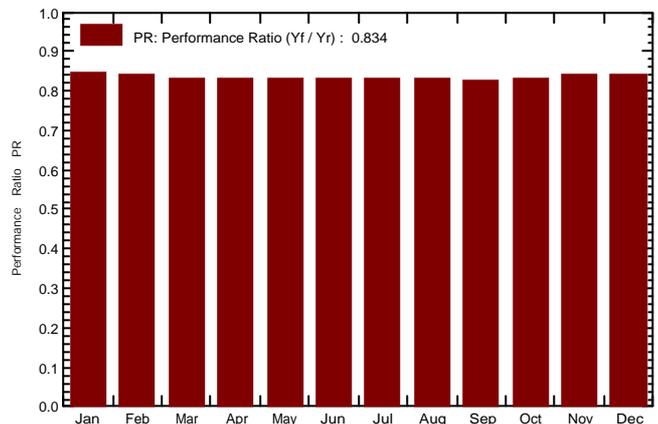
Main system parameters		System type	Sheds on ground	
Near Shadings	According to module strings		Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	10°	azimuth	0°
PV modules	Model	LR4-72 HPH 455 M G2	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	660	Pnom total	300 kWp
Inverter	Model	SUN2000-60KTL-M0_400Vac		60.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4.0	Pnom total	240 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		Cos(phi)	0.800 leading

Main simulation results				
System Production	Produced Energy	431.2 MWh/year	Specific prod.	1436 kWh/kWp/year
	Apparent energy	539.0 MVAh	Perf. Ratio PR	83.43 %

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 300 kWp



Performance Ratio PR



VC0-LINSTEAD Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	116.4	56.12	22.88	128.2	123.3	33.44	32.53	0.845
February	117.2	59.10	23.38	125.9	121.0	32.69	31.79	0.841
March	150.2	69.01	24.63	155.8	150.0	40.07	38.94	0.832
April	162.7	80.16	25.56	163.0	156.9	41.92	40.75	0.832
May	159.5	79.90	26.82	155.5	149.4	39.80	38.71	0.829
June	154.4	86.89	27.05	149.3	143.4	38.36	37.33	0.833
July	164.1	83.75	27.64	158.9	152.7	40.66	39.55	0.829
August	155.2	94.15	27.20	153.8	147.8	39.52	38.46	0.833
September	136.9	68.15	26.07	140.4	134.9	35.91	34.90	0.828
October	135.4	68.18	25.58	142.6	137.5	36.66	35.65	0.832
November	113.4	59.15	24.56	123.3	118.5	31.98	31.13	0.841
December	110.9	47.15	23.84	124.3	119.6	32.30	31.42	0.842
Year	1676.4	851.71	25.45	1720.9	1655.0	443.30	431.17	0.834

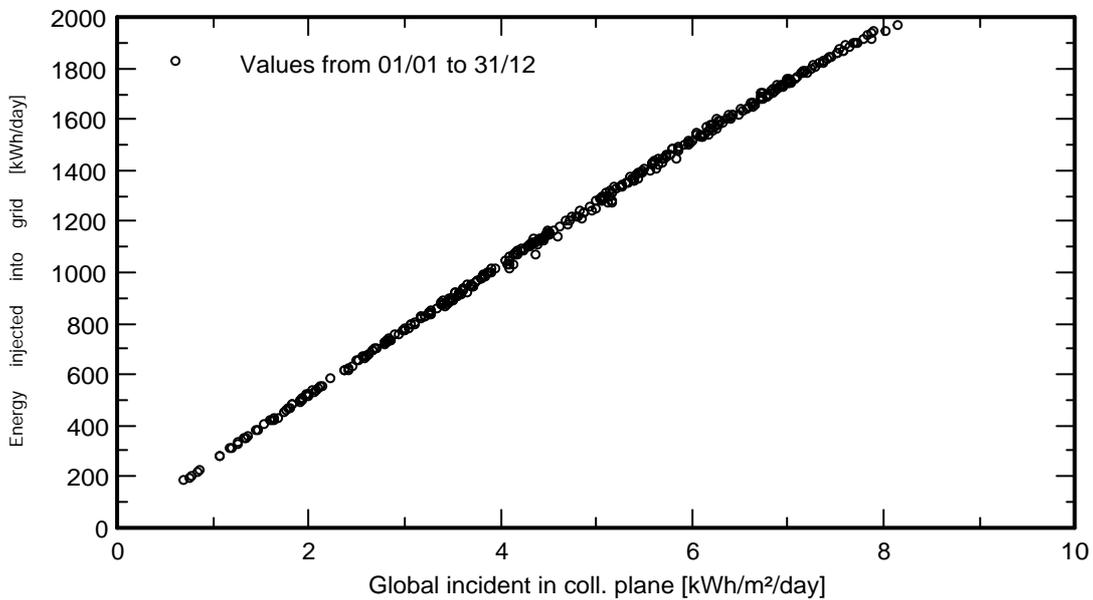
Legends: GlobHor Global horizontal irradiation GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T_Amb T amb. E_Grid Energy injected into grid
 GlobInc Global incident in coll. plane PR Performance Ratio

Grid-Connected System: Special graphs

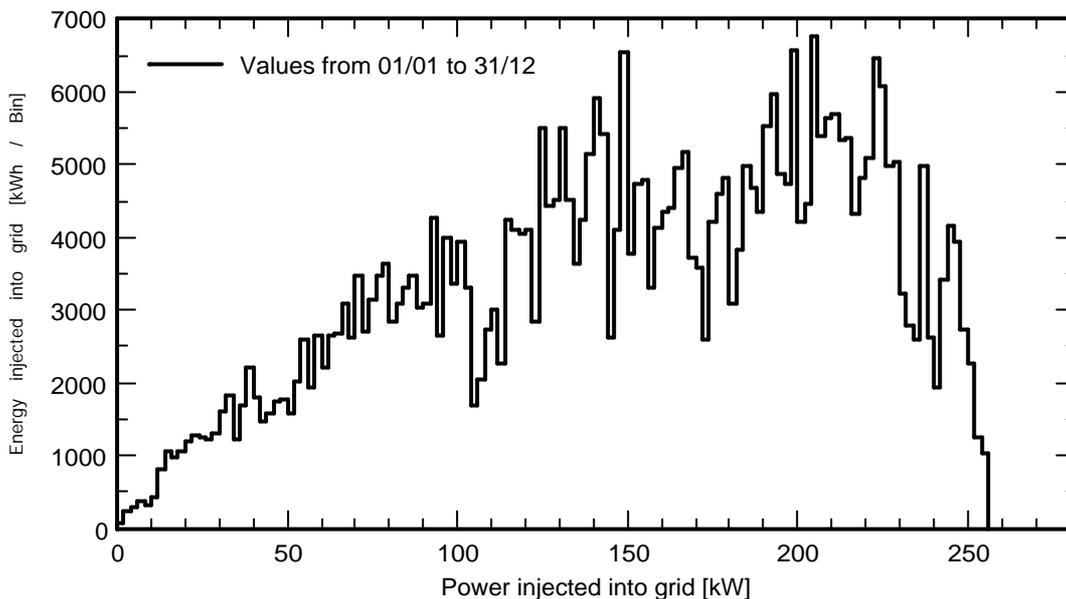
Project : LINSTEAD
Simulation variant : VC0-LINSTEAD

Main system parameters		System type	Sheds on ground	
Near Shadings	According to module strings		Electrical effect	100 %
PV Field Orientation	tilt	10°	azimuth	0°
PV modules	Model	LR4-72 HPH 455 M G2	Pnom	455 Wp
PV Array	Nb. of modules	660	Pnom total	300 kWp
Inverter	Model	SUN2000-60KTL-M0_400Vac	Pnom total	60.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	4.0	Pnom total	240 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		Cos(phi)	0.800 leading

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

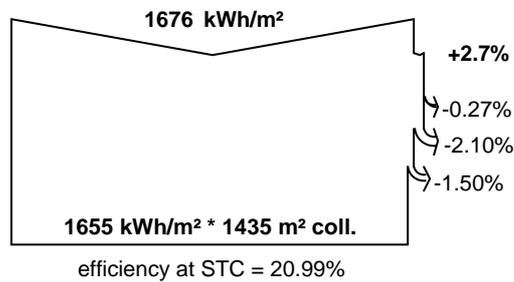


Grid-Connected System: Loss diagram

Project : LINSTEAD
Simulation variant : VC0-LINSTEAD

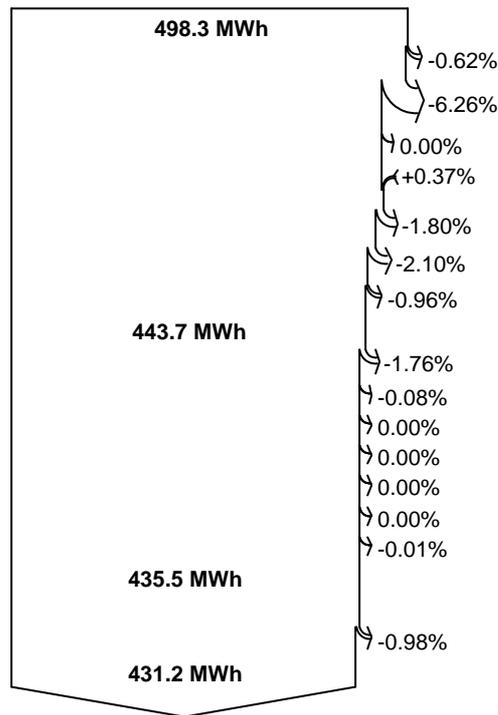
Main system parameters	System type	Sheds on ground
Near Shadings	According to module strings	Electrical effect 100 %
PV Field Orientation	tilt 10°	azimuth 0°
PV modules	Model LR4-72 HPH 455 M G2	Pnom 455 Wp
PV Array	Nb. of modules 660	Pnom total 300 kWp
Inverter	Model SUN2000-60KTL-M0_400Vac	60.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units 4.0	Pnom total 240 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)	Cos(phi) 0.800 leading

Loss diagram over the whole year



Global horizontal irradiation
Global incident in coll. plane

Near Shadings: irradiance loss
IAM factor on global
Soiling loss factor



Effective irradiation on collectors
PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)
PV loss due to irradiance level
PV loss due to temperature
Shadings: Electrical Loss acc. to strings
Module quality loss

LID - Light induced degradation
Mismatch loss, modules and strings
Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP
Inverter Loss during operation (efficiency)
Inverter Loss over nominal inv. power
Inverter Loss due to max. input current
Inverter Loss over nominal inv. voltage
Inverter Loss due to power threshold
Inverter Loss due to voltage threshold
Night consumption

Available Energy at Inverter Output
AC ohmic loss

Active Energy injected into grid

323.4 MVAR
539.0 MVA

Reactive energy to the grid: Cos(phi) = 0.800
Apparent energy to the grid

ANEXO B – CRONOGRAMAS

Los cronogramas de este proyecto son los siguientes:

Jamalco

- Project Schedule Jamalco PV Plant

Freetown y Linstead

Project Schedule CB Group Plants

Se ha empleado el software Project 2016 para el desarrollo de los cronogramas

Como se puede observar en los cronogramas la construcción de las tres plantas ocurrirá de manera casi simultánea con el fin de ahorrar en logística y permitiendo a los trabajadores de una planta dar apoyo en otra en momentos puntuales de carga punta de trabajo.

La duración prevista de la obra se sitúa entre 16 y 20 semanas.

Tabla 47 Mano de Obra por Planta

	Media de Obreros	Punta de Obreros
Jamalco	8	10
Freetown	3	5
Linstead	2	5
Total	13	20

