REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

DISEÑO Y ANÁLISIS MEDIANTE SOFTWARE ETAP DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN PARA AUTOCONSUMO DE LA UCSM EN AREQUIPA

Tesis presentada por el Bachiller:

Velásquez Cruz, Arturo Gerardo

para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor:

Mg. Rivera Acosta, Victor

Arequipa-Perú
2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

INFORME DICTAMINATORIO

V I S T O

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

"DISEÑO Y ANALISIS MEDIANTE SOFTWARE ETAP DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA DE GENERACION DISTRIBUIDA EN LA RED DE DISTRIBUCION PARA AUTOCONSUMO DE LA UCSM EN AREQUIPA."

Presentado por el Bachiller:

VELASQUEZ CRUZ, ARTURO GERARDO

Nuestro DICTAMEN es: Aprobado

OBSERVACIONES: Sin observaciones

Arequipa, 22 De Junio 2020

2398

Mgter. VICTOR RIVERA ACOSTA

Dr. CAMILO FERNANDEZ BARRIGA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a nuestro Señor Dios uno y trino, la Virgen Santísima nuestra madre y señora de la Ciudad de Arequipa y de la Universidad Católica de Santa María, a toda mi familia, en especial mi papá Elvis y mi mamá Leonor, a quienes nunca podré pagarles tanto esfuerzo y amor hacia mí, así como a mis hermanos Elvis y Valery que me han regalado lazos muy fuertes de cariño y amor. También a la Comunidad Católica Totus Tuus que me acoge siempre en oración, fe, esperanza, y caridad, perseverando para vivir una vida cristiana.

A todos mis profesores docentes de la UCSM que me brindaron formación académica y valores integrales para servir a la comunidad con la profesión de ingeniero, en aras del bien común y el desarrollo sostenible de una sociedad más humana.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Agradecimientos

En primer lugar agradezco a mi Señor Padre, Hijo y Espíritu Santo por darme la vida nueva y sentido para vivir dando la vida donándome por amor, con cada acto cada día y cada instante.

Agradezco a mis padres por tanto apoyo durante mi formación y principalmente por darme amor y cuidado incondicional.

Doy gracias a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica, en especial al Ing. Victor Rivera por su apoyo durante el desarrollo de la presente tesis.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Lista de Siglas y Acrónimos

DC: Corriente directa

AC: Corriente alterna

MPPT: Controlador seguidor del punto máximo de potencia

MT: Media tensión

BT: Baja tensión

AFB: Limite de arco eléctrico

f.p: Factor de potencia

CB: Interruptor eléctrico

SE: Subestación eléctrica

FCT: Tiempo de despeje de falla

IE: Energía incidente

NFPA: Asociación Nacional de protección contra el fuego (EEUU)

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

TCC: Curva Tiempo vs Corriente

MD: Máxima demanda

HP: Horas punta

HFP: Horas fuera de punta

MINEM: Ministerio de Energía y Minas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

MGD: Mediana generación distribuida

SECCI: Iniciativa de energía y cambio climático

GD: Generación distribuida

GDA: Generación distribuida para autoconsumo

EDE: Empresa de distribución eléctrica

FV: Fotovoltaico(a)(os)(as)

SEIN: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El aprovechamiento de energía solar fotovoltaica es indispensable para mitigar la contaminación ambiental, su inserción logra múltiples beneficios técnicos y económicos en redes de distribución. Sin embargo, en el Perú actualmente no se cuenta con tales sistemas, ni normativa que permite su operación a pesar del vasto potencial de irradiación solar, particularmente en la región de Arequipa, con un sistema eléctrico con generadores de fuentes contaminantes como lo son la térmica(29%) e hidráulica(68%), quedando solamente un 3% de generación renovable (MINEM, 2020). Para promover el desarrollo sostenible de la matriz energética, se ha realizado el diseño una central fotovoltaica de generación distribuida analizando su comportamiento en condiciones críticas de falla, carga acoplada a la red de distribución y al sistema existente de consumo en las instalaciones de la UCSM. Para lograrlo se han determinado; la irradiación en la universidad con un ángulo de elevación óptimo de 15º, el dimensionamiento de módulos policristalinos de silicio y equipos para una potencia instalada de 1,1MWp en dos casos; generación fotovoltaica autónoma aislada y distribuida, obteniéndose una tasa interna de retorno de 4% y 7% respectivamente, mostrando mayor factibilidad económica la instalación de generación distribuida con un costo de energía de S/0,11/kWh, la cual fue diseñada y analizada por flujos de potencia usando software ETAP en análisis de cortocircuito, arco e impacto eléctrico tanto en las barras DC como AC, satisfaciendo la demanda energética de la UCSM en condiciones críticas, consiguiéndose diseñar correctamente los elementos eléctricos del sistema. Finalmente fue evaluado el beneficio ambiental en la reducción de 20000 toneladas de CO2 que significaría su construcción e implementación.

Palabras clave: ETAP, generación distribuida, energía renovable, sistema fotovoltaico, generación fotovoltaica autónoma, flujos de potencia, generación fotovoltaica en red.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The benefit of photovoltaic solar energy is essential in order to mitigate the environmental pollution, its insertion achieves multiple technical and economic benefits in distribution networks. However in Peru actually there are no such systems, nor regulations that allow its operation despite the vast potential of solar irradiation, particularly in the Arequipa region, with an electrical system with generators of polluting sources such as thermal(29%) and hydro(68%), leaving only 3% of renewable generation (MINEM, 2020). In order to promote the sustainable development of the energy matrix, the design of a photovoltaic plant of distributed generation was done, analyzing its behavior in critical failure conditions, and with load coupled to the distribution network for the existing consumption system of the UCSM. To achieve this, the incident irradiation has been determined with an optimum elevation angle of 15º, and the sizing of polycrystalline silicon modules and its equipment for an installed power of 1,1MWp in two cases; autonomous photovoltaic and on-grid generation, achieving an internal rate of return of 4% and 7% respectively, showing the greater economic feasibility in the distributed generation installation with an energy cost of S/0,11/kWh , which was designed and analyzed using ETAP software to evaluate power flows of short circuit, arc flash and shock hazard at DC and AC bus bars, satisfying the energy demand of the UCSM in critical conditions, achieving the correct designing of electrical elements of the system. Finally, there was evaluated the environmental benefit in the reduction of 20000 tons of CO2 that its construction and implementation would mean.

Key words: ETAP, distributed generation, renewable energy, PV system, autonomous PV generation, power flow, grid-connected PV.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de generación distribuida (GD), en generación fotovoltaica, requieren de un somero análisis en su etapa de diseño y análisis, para lo cual en primer lugar se debe evaluar la factibilidad técnica del proyecto teniendo en cuenta el potencial de irradiación, las condiciones atmosféricas meteorológicas favorables y el incentivo a la GD en el lugar del proyecto, en este caso la ciudad de Arequipa. Luego, se debe analizar la carga característica y su comportamiento con el tiempo que permitirán diseñar y dimensionar el sistema en cuestión, donde se debe someter el sistema a condiciones desfavorables, que incluyen flujos de potencia en condiciones más críticas, estudios de arco eléctrico, choque eléctrico y cortocircuito evaluando las condiciones de falla más adversas para finalmente, evaluar la factibilidad técnico-económicamente más factible, así como el impacto medioambiental y la reducción de emisiones que se tendrán, los cuales se traduce en un beneficio económico y ambiental los cuales son objeto de análisis.

De esa manera, la presente tesis se desglosa en los siguientes capítulos:

En el Capítulo uno se describe la situación respecto a la implementación de sistemas fotovoltaicos de GD en Arequipa para la UCSM, proponiendo su instalación para diseño y análisis identificando variables, las características y alcances del estudio.

El Capítulo dos, detalla los principales aspectos, características teóricas de energía y diseño sistemas de generación fotovoltaica, también se detallan los métodos de análisis de flujos de potencia y modelamiento de sistemas eléctricos usados por el software ETAP.

En el desarrollo del Capítulo tres, se evidencia el diseño basado en el consumo de las instalaciones de la UCSM, el nivel de irradiación y dimensionamiento óptimo de los componentes del sistema fotovoltaico, tanto para GD, como para generación autónoma.

Finalmente, el Capítulo 4 muestra la factibilidad técnico-económica mayor de un sistema fotovoltaico de GD y un somero análisis del sistema en condiciones de carga críticas, condiciones de falla en cortocircuito, choque y arco eléctrico haciendo uso del software ETAP. Concluyendo con la evaluación del beneficio ambiental y económico que se tendrá con el sistema en cuestión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE

RESUMEN……vii

ABSTRACT……viii

INTRODUCCIÓN……ix

CAPÍTULO I……1

1 ASPECTOS GENERALES ……1

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN ……1

1.2 HIPÓTESIS ……2

1.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES……2

1.2.2 VARIABLES DEPENDIENTES ……2

1.3 OBJETIVOS……2

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:……2

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:……2

1.4 ALCANCES……3

1.5 JUSTIFICACIÓN ……3

CAPÍTULO II……4

2 MARCO TEÓRICO……4

2.1 Fuentes de energía……4

2.2 Energía Renovable ……4

2.2.1 Energía eólica ……4

2.2.2 Energía hidráulica ……5

2.2.3 Energía Biomásica ……5

2.2.4 Energía geotérmica ……5

2.3 Energía Solar ……5

2.3.1 Energía Solar Fotoquímica ……6

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3.2 Energía Solar Térmica 6
2.3.3 Energía Solar Fotovoltaica 7
2.4 Tecnología de aprovechamiento solar térmico 8
2.4.1 Sistema de Torre Centralizada 8
2.4.2 Concentrador cilíndrico parabólico 9
2.5 Generación fotovoltaica 10
2.5.1 Generación fotovoltaica en el mundo 11
2.5.2 Generación fotovoltaica en el Perú 13
2.5.3 Ventajas de la generación fotovoltaica 17
2.6 Irradiancia solar 18
2.6.1 Componentes de irradiación 19
2.6.2 Base de datos de irradiación solar 20
2.7 Geometría Solar 22
2.7.1 Coordenadas geográficas 22
2.7.2 Coordenadas Solares 23
2.8 Sistemas de generación solar fotovoltaica 26
2.8.1 Sistemas fotovoltaicos de autoconsumo 26
2.8.2 Celdas fotovoltaicas 28
2.8.3 Módulos fotovoltaicos 37
2.8.4 Regulador de Carga 42
2.8.5 Sistema de Almacenamiento 43
2.8.6 Inversor 43
2.8.7 Protecciones 43
2.8.8 Cableado 44
2.8.9 Sistema de medición de energía 44
2.9 Generador fotovoltaico 45
2.9.1 Horas solares pico 46

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.9.2 Inclinación y orientación óptima 47
2.9.3 Distancias de sombreado 48
2.9.4 Cargas mecánicas en paneles 49
2.10 Generación distribuida.....50
2.10.1 Desarrollo urbano con la GD 51
2.10.2 Redes inteligentes con inserción de energía renovable 51
2.10.3 Viabilidad de sistemas eléctricos de GD.....52
2.11 Análisis de flujos de potencia.....52
2.11.1 Modelamiento de sistemas eléctricos de potencia.....53
2.11.2 Métodos de solución de sistemas de flujos de potencia 57
2.11.3 Software ETAP de análisis y diseño de sistemas eléctricos 60
2.11.4 Análisis de flujo de carga usando ETAP 60

CAPÍTULO III.....61

3 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....61
3.1 Ubicación del proyecto.....61
3.2 Evaluación de la irradiación solar incidente.....62
3.2.1 Irradiación solar anual 62
3.2.2 Irradiación solar mensual 64
3.2.3 Orientación óptima 65
3.2.4 Irradiación por orientación de los paneles 67
3.2.5 Simulación de Irradiancia usando ETAP 69
3.3 Estudio de cargas del sistema 71
3.3.1 Consumo de energía mensual 71
3.3.2 Máxima demanda: 72
3.4 Dimensionado del sistema.....77
3.4.1 Módulos fotovoltaicos 78

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.2 Área requerida por el sistema 82

3.4.3 Diseño de un sistema autónomo de generación fotovoltaica 83

3.4.4 Diseño de un sistema de GD 88

3.4.5 Diseño de estructuras de soporte 101

CAPÍTULO IV..... 121

4 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD, DESEMPEÑO Y OPERACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO 121

4.1 Evaluación de factibilidad económica de los sistemas propuestos 121

4.1.1 Detalle de costos de sistemas fotovoltaicos propuestos 121

4.1.2 Análisis de factibilidad económica y costo efectividad 128

4.2 Análisis de flujo de potencia 135

4.2.1 Estudio de flujo de cargas 135

4.2.2 Análisis de cortocircuito 142

4.2.3 Análisis de arco y choque eléctrico: 150

4.2.4 Coordinación de protecciones: 153

4.3 Beneficio ambiental y disminución de emisiones de CO2 158

4.4 Marco Legal y normatividad aplicable: 160

4.4.1 Estudios de conexión 160

4.4.2 Normas técnicas aplicables 161

CONCLUSIONES 162

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 164

ANEXOS 176

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Lista de Tablas

Tabla 1 Elementos del Jacobiano usado en Newton Rapson 59
Tabla 2 Irradiación mensual minima estimada para la UCSM 65
Tabla 3 Irradiación mínima a un Azimut de 30º 68
Tabla 4 Factor de crecimiento promedio anual del consumo 75
Tabla 5 Características nominales de módulos fotovoltaicos en condiciones STD 78
Tabla 6 Área horizontal disponible para paneles por pabellón 83
Tabla 7 Características de inversor Sunny power 20000T 88
Tabla 8 Dimensiones de los módulos fotovoltaicos 91
Tabla 9 Número de campos a instalarse en áreas de la universidad 92
Tabla 10 Capacidad de corriente del cable H1Z2Z2-K 93
Tabla 11 Longitud necesaria de recorrido de cables alimentadores de Inversor 95
Tabla 12 Cálculo de conductores DC al inversor 96
Tabla 13 Capacidad de corriente NYY tetrapolar 98
Tabla 14 Cálculo de conductores de salida AC del inversor 99
Tabla 15 Emplazamiento y área de estructuras de soporte 102
Tabla 16 Cuadro resumen de cargas estructurales asignadas 108
Tabla 17 Asignación de cargas, combinaciones 1 y 2 108
Tabla 18 Asignación de cargas, combinaciones 3 y 4 109
Tabla 19 Perfiles iniciales considerados para elementos estructurales 109
Tabla 20 Perfiles evaluados para pórticos extremos (A-C) 112
Tabla 21 Perfiles evaluados para el pórtico intermedio (B) 113
Tabla 22 Perfiles evaluados de correas 113
Tabla 23 Espectro sísmico simulado por SAP2000, según NTP E.030 (2016) 115
Tabla 24 Perfiles seleccionados para pórticos extremos (A'-C') 117
Tabla 25 Perfiles seleccionados para pórticos extremos (A-C) 117
Tabla 26 Perfiles seleccionados para el pórtico intermedio (B) 118
Tabla 27 Perfiles seleccionados para correas 118
Tabla 30 Costos iniciales y anuales estimados para un sistema fotovoltaico 121
Tabla 31 Metrado total de perfiles estructurales 122
Tabla 32 Precios unitarios de estructuras de soporte de campos fotovoltaicos 123
Tabla 33 Costos de un sistema de GD para la UCSM 125
Tabla 34 Costos de un sistema autónomo para la UCSM 127

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 35 Tasa de referencia del 2019 a la actualidad 129
Tabla 36 Flujo de caja para un sistema fotovoltaico autónomo..... 130
Tabla 37 TIR y VAN para un sistema fotovoltaico autónomo 131
Tabla 38 Pliego tarifario máximo - Tarifa MT3 131
Tabla 39 Proyección del consumo y la energía generada por el sistema de GD 132
Tabla 40 Flujo de caja de sistema fotovoltaico de GD 133
Tabla 41 TIR y VAN para un sistema fotovoltaico de GD 133
Tabla 42 Reducción de emisiones de CO2 158
Tabla 43 Incentivo por bonos de carbono estimado 159

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Lista de Figuras

Figura 1 Potencial energético disponible por distintas fuentes de energía (TWh) 6
Figura 2 Longitudes de onda 7
Figura 3 Planta solar de Torre Centralizada 8
Figura 4 Esquema de un sistema de Torre Centralizada.....9
Figura 5 Esquema de sistema solar con concentrador parabólico 9
Figura 6 Disco solar Parabólico Stirling.....10
Figura 7 Potencia global total y añadida de Energía Solar Fotovoltaica (2007-2017) ...11
Figura 8 Capacidad Fotovoltaica instalada por País y Región (2007-2017) 11
Figura 9 Capacidad de Energía solar fotovoltaica en los primeros 10 países al 2017....12
Figura 10 Capacidad global fotovoltaica de principales países productores 13
Figura 11 Ubicación de la Central Solar Rubí 14
Figura 12 Vista de los paneles solares de la Central Solar Rubí 14
Figura 13 Diagrama unifilar de la Central solar Rubí.....15
Figura 14 Plano de Ubicación de la Central Tacna Solar 15
Figura 15 Módulos Solares Instalados en Tacna Solar.....15
Figura 16 Esquema Unifilar de la Central Tacna Solar 16
Figura 17 Plano de Ubicación Central Panamericana Solar 16
Figura 18 Instalación de los Módulos fotovoltaicos, Central Solar Panamericana 17
Figura 19 Esquema unifilar de la Central Panamericana Solar 17
Figura 20 Pérdidas de Irradiancia solar 18
Figura 21 Mapa potencial de Energía solar en Perú 20
Figura 22 Energía Solar Incidente en Arequipa.....22
Figura 23 Ángulo y líneas de latitud.....23
Figura 24 Longitud y meridianos paralelos 23
Figura 25 Coordenadas solares 24
Figura 26 Azimut y altura solar óptima de invierno en Hongyuan, China 25
Figura 27 Esquema básico de una instalación fotovoltaica autónoma 26
Figura 28 Energía consumida por instalaciones de generación autónoma 27
Figura 29 Esquema de un sistema de GD fotovoltaico.....28
Figura 30 Semiconductor intrínseco de Germanio 29
Figura 31 Hueco en un semiconductor tipo p 30
Figura 32 Electrón libre en un semiconductor tipo n.....30

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 33 Electrones libres y huecos en una unión pn.....31
Figura 34 Unión PN.....31
Figura 35 Unión semiconductora PN iluminada.....32
Figura 36 Modelos eléctricos de una célula solar fotovoltaica.....32
Figura 37 Gráfico I vs V de una célula fotovoltaica.....34
Figura 38 Diferencias entre células de silicio cristalino.....35
Figura 39 Curva I vs V para una célula a condiciones estándar.....38
Figura 40 Asociación de curvas I vs V en serie y paralelo.....38
Figura 41 Asociación serie-paralelo en un módulo.....39
Figura 42 Diodos de paso en sombreado parcial.....41
Figura 43 Partes de armado de un módulo cristalino.....42
Figura 44 Esquema de un generador fotovoltaico conectado a la red.....43
Figura 45 Esquema de diodos de paso y de bloqueo.....44
Figura 46 Esquema de medición en GD.....44
Figura 47 Arreglos usados en un generador fotovoltaico.....45
Figura 48 Horas solares pico.....47
Figura 49 Ángulos de orientación de un panel solar.....48
Figura 50 Variables geométricas en el cálculo de sombras y distancias.....49
Figura 51 Relación d/a máxima admisible entre filas de paneles.....49
Figura 52 Esquema de sistema eléctrico centralizado.....50
Figura 53 Esquema de sistema eléctrico de GD descentralizado.....51
Figura 54 Software ETAP de sistemas de potencia.....60
Figura 55 Ubicación de la UCSM.....61
Figura 56 Vista satelital de la UCSM.....62
Figura 57 Irradiación real medida en La Joya.....63
Figura 58 Irradiación solar en la UCSM.....63
Figura 59 Navegador de datos de Energía Solar de la NASA.....64
Figura 60 Azimut en la arquitectura de los pabellones.....66
Figura 61 Irradiación a un azimut de 30º y elevación de 15º en la UCSM.....69
Figura 62 Irradiancia proporcionada por ETAP.....70
Figura 63 Escenarios de Irradiancia del mes crítico por ETAP.....71
Figura 64 Consumo mensual de energía de la UCSM.....72
Figura 65 Máxima Demanda en HP y HFP de la UCSM.....73
Figura 66 Modelo de Cargas de instalaciones de la UCSM en ETAP.....74

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 67 Energía anual a satisfacer durante el tiempo de vida útil 76
Figura 68 Diagrama de bloques de sistemas solares aislados y de GD 77
Figura 69 Modelado en ETAP del módulo seleccionado 80
Figura 70 Curva I-V del módulo seleccionado 81
Figura 71 Curva característica I-V modelada en ETAP 81
Figura 72 ETAP-Curvas características de módulos seleccionados 82
Figura 73 Esquema de conexión eléctrico de campos de 4 cadenas 90
Figura 74 Configuración y características de campo de 4x21 en ETAP 91
Figura 75 Flujo de potencia en DC de alimentadores de inversor 97
Figura 76 Interruptor CENB1-63DC 97
Figura 77 Corriente de cortocircuito en conductores AC de inversores 100
Figura 78 Techos curveados de pabellones en la UCSM 101
Figura 79 Emplazamiento de estructuras en pabellones de techo curveado 103
Figura 80 Descripción de estructura 103
Figura 81 Distanciamiento entre pórticos 104
Figura 82 Velocidad del viento en Arequipa 106
Figura 83 Curva de Altura vs velocidad del viento 107
Figura 84 Análisis por resistencia mecánica, primera evaluación 110
Figura 85 Reacciones en los apoyos, combinación 1 111
Figura 86 Reacciones en los apoyos, combinación 2 111
Figura 87 Análisis por resistencia mecánica, segunda evaluación 114
Figura 88 Verificación estructural de secciones de soportes, segunda evaluación 114
Figura 89 Segundo modelo de simulación de estructura 116
Figura 90 Simulación de resistencia y deformaciones mecánicas, tercera evaluación 119
Figura 91 Verificación estructural de secciones de soportes, tercera evaluación 120
Figura 92 Costos de inversión del sistema fotovoltaico de GD en % 126
Figura 93 Costos de inversión del sistema fotovoltaico autónomo % 128
Figura 94 Flujo de carga DC del campo#39 136
Figura 95 Flujo de carga DC de campos #22 y #21 136
Figura 96 Flujo de carga sin funcionamiento de sistema fotovoltaico 137
Figura 97 Flujo de carga en estado de emergencia, sólo grupo electrógeno 138
Figura 98 Flujo de carga con funcionamiento normal del sistema fotovoltaico 139
Figura 99 Flujo de carga en condiciones de menor carga 140
Figura 100 Flujo de carga en condiciones de mayor carga mensual 141

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 101 Flujo de carga combinado con operación (solar-electrógeno) 142
Figura 102 Cortocircuito DC en barras de campos..... 142
Figura 103 Cortocircuito trifásico en barra de salida de inversor..... 143
Figura 104 Cortocircuito línea-tierra en barra de salida de inversor 144
Figura 105 Cortocircuito de doble fase en barra de salida de inversor..... 145
Figura 106 Cortocircuito de doble fase a tierra en barra de salida de inversor 146
Figura 107 Cortocircuito trifásico Barra BT..... 147
Figura 108 Cortocircuito monofásico (fase A) de barra BT 148
Figura 109 Cortocircuito bifásico (B-C) en barra BT..... 149
Figura 110 Cortocircuito bifásico a tierra (B-C) barra BT 150
Figura 111 Arco eléctrico en DC de campos solares..... 151
Figura 112 Arco eléctrico en barra de salida de inversores 152
Figura 113 Falla en barra BT del sistema fotovoltaico..... 153
Figura 114 Secuencia de operación de protecciones en falla a la salida de inversores 154
Figura 115 Curva I-t de protecciones a la salida de inversores 155
Figura 116 Secuencia de operación de protecciones en falla en la barra BT 156
Figura 117 Curva I-t de protecciones de barra BT 157

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Lista de Ecuaciones

Ec. 1 Ley de Stefan-Boltzmann 7
Ec. 2 Relación entre altura solar y ángulo cenital 24
Ec. 3 Relación entre ángulos solares y coordenadas geográficas 25
Ec. 4 Corriente de aporte de unión pn 33
Ec. 5 Función intensidad de corriente en bornes de una célula fotovoltaica 33
Ec. 6 Factor de forma 41
Ec. 7 Corriente para un generador fotovoltaico con Np ramas en paralelo 46
Ec. 8 Tensión para un generador fotovoltaico con Ns módulos en serie 46
Ec. 9 Ángulo óptimo de elevación de un panel 47
Ec. 10 Distancia lateral mínima admisible entre paneles 48
Ec. 11 Carga de viento por unidad de área 50
Ec. 12 Carga de viento efectiva sobre un panel 50
Ec. 13 Valor en por unidad 53
Ec. 14 Corriente base 53
Ec. 15 Impedancia base 53
Ec. 16 Corriente en p.u. 53
Ec. 17 Impedancia en p.u. 54
Ec. 18 Impedancia corregida para cambio de base 54
Ec. 19 Corriente neta inyectada para “n” nudos 54
Ec. 20 Potencia compleja inyectada neta 55
Ec. 21 Admitancia del elemento i-j de la matriz admitancia 55
Ec. 22 Potencia compleja en la iésima barra 55
Ec. 23 Potencia activa inyectada en la iésima barra 55
Ec. 24 Potencia reactiva inyectada en la iésima barra 56
Ec. 25 Potencia activa de una barra PV 56
Ec. 26 Potencia reactiva de una barra PV 56
Ec. 27 Ecuaciones de potencia activa en un sistema de n barras 57
Ec. 28 Ecuaciones de potencia reactiva en un sistema de n barras 57
Ec. 29 Ecuación recursiva Gauss-Seidel 58
Ec. 30 Error de convergencia Gauss-Siedel 58
Ec. 31 Iteración de barra incluyendo factor de aceleración 58
Ec. 32 Tensión Gauss-Siedel en un barra PV corregida 58

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ec. 33 Función potencia activa linealizada 58
Ec. 34 Función potencia reactiva linealizada 59
Ec. 35 Matriz lineal de iteraciones Newton Rapson 59
Ec. 36 Valores corregidos para k iteraciones de Newton Rapson 59
Ec. 37 Elementos H, M, N y J del Jacobiano 59
Ec. 38 Rango de valores de inclinación óptima 67
Ec. 39 Potencia estimada de la central fotovoltaica 76
Ec. 40 Potencia del grupo regulado 84
Ec. 41 Corriente máxima de carga por grupo regulador 84
Ec. 42 Número de controladores de carga 85
Ec. 43 Capacidad necesaria de las baterías 85
Ec. 44 Capacidad efectiva del banco de baterías 86
Ec. 45 Capacidad total del banco de baterías 86
Ec. 46 Capacidad final del sistema de almacenamiento de energía 86
Ec. 47 Número total de baterías requerido 87
Ec. 48 Número de baterías en serie requerido 87
Ec. 49 Caída de tensión admisible 93
Ec. 50 Carga de presión de viento 107
Ec. 51 Carga de viento de succión 107
Ec. 52 Cantidad estimada de acero de las estructuras por metro cuadrado 123
Ec. 53 Costo de energía 134

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La evolución de la energía renovable en el mundo ha permitido disminuir las emisiones de contaminantes en la atmósfera, lo que ha impulsado a muchos países a desarrollar y promover el uso de GD usando recursos renovables en redes de baja y media tensión, que además trae consigo mejoras en el sistema eléctrico y ahorro en la economía de los consumidores.

Pese a ello en el Perú actualmente no se cuenta con desarrollo ni promoción a gran escala en la implementación de GD con recursos renovables, al día de hoy se están tomando las iniciativas de parte del gobierno y se tiene una pre-publicación del Decreto supremo de aprueba el Reglamento de GD en nuestro país, así como iniciativas a nivel nacional y regional tales como: Apoyo a la Gestión de cambio Climático, que tiene un proyecto piloto de generación de energía con paneles solares en nuestra región de Arequipa; y de iniciativas privadas de empresas en conjunto con universidades y programas de apoyo a la innovación del Estado como Innóvate Perú, entre otros.

Entonces, resulta y urge el desarrollo de proyectos que apoyen y promuevan a nivel nacional y especialmente en nuestra ciudad de Arequipa que cuenta con un gran potencial de aprovechamiento solar, la implementación de instalaciones de microgeneración distribuida en hogares, instituciones públicas, privadas, y principalmente centros de estudio, que motiven a los estudiantes a tomar conciencia de la tecnología solar fotovoltaica como una solución a la gran problemática de contaminación del aire y el deterioro de la capa de ozono en nuestra ciudad y en el mundo entero.

Por tales motivos, el objeto de estudio que propone el presente proyecto es el diseño y análisis operacional de una planta fotovoltaica de GD para el autoabastecimiento de las instalaciones eléctricas del centro de estudios de la UCSM ubicada en el departamento y provincia de Arequipa, en el Distrito de Yanahuara.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.2 HIPÓTESIS

La instalación fotovoltaica de GD para el autoconsumo de la UCSM disminuirá la emisión de gases contaminantes, satisface la carga de las instalaciones eléctricas de consumo en condiciones normales y críticas, que además inyectará excedentes de energía la red de distribución siendo mejor técnico-económicamente factible en comparación a una instalación fotovoltaica aislada de almacenamiento con baterías.

1.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

Ubicación geográfica: Latitud, longitud.

Rango de temperatura ambiente en Arequipa.

Cargas estructurales: Viento, lluvia y sismo.

Irradiación solar en Arequipa.

Consumo energía de la UCSM.

1.2.2 VARIABLES DEPENDIENTES

Dimensiones de la instalación.

Disposición geométrica de los paneles: Azimut e inclinación.

Disminución de las Toneladas de CO_2 emitidas al medio ambiente.

Tensión y factor de potencia de la red.

TIR y tiempo de recuperación de la Inversión para GD y generación autónoma.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar y analizar la operación de una instalación fotovoltaica de generación distribuida para el autoconsumo de la UCSM.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar el estudio de factibilidad técnica y funcionamiento, así como la normatividad aplicable a GD en la ciudad de Arequipa.
- Analizar la demanda eléctrica y determinar el dimensionamiento adecuado de la instalación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Seleccionar los equipos y determinar su disposición para su correcto funcionamiento.
- Estudiar el comportamiento característico del sistema y evaluar su comportamiento en operación con la red de distribución secundaria mediante software ETAP.
- Determinar la reducción equivalente en toneladas de CO2 que conlleva la implementación del sistema fotovoltaico en la UCSM.

1.4 ALCANCES

El presente proyecto se realizará el diseño de una planta fotovoltaica de GD para satisfacer el consumo de las instalaciones de la UCSM conforme a las iniciativas que se tiene en la normatividad nacional, aún en discusión, y también en base a experiencia internacional de estos sistemas, así como un somero análisis de la calidad energética inyectada en la de red de distribución de media tensión que incluirá estudios de flujo de potencia para evaluar condiciones de operación críticas, fallas de cortocircuito, arco eléctrico, coordinación de protecciones, entre otros que sean necesarios usando el software ETAP.

En base a tales análisis, se evaluará la factibilidad técnica y mediante un planteamiento de ingeniería económica culminará el estudio para lograr la realización del proyecto.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la GD en Arequipa despierta un alto interés en el área de investigación de energías renovables en nuestra ciudad y es digno de atención, debido a la necesidad de implementar acciones y desarrollar proyectos que mitiguen la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, como también por el altísimo potencial de irradiación solar en la ciudad de Arequipa que resulta muy atractivo para desarrollar proyectos de este tipo.

De modo que un sistema fotovoltaico de microgeneración distribuida para la UCSM que es una universidad muy reconocida en Arequipa con más de 50 años de su fundación, resulta muy atractiva para el desarrollo de un proyecto de esta envergadura, que podría recibir apoyo técnico y financiamiento de entidades internacionales como SECCI, CAF (Corporación Andina de Fomento) o con bonos de carbono que apoyan proyectos de generación y tecnología de energías renovables.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fuentes de energía

El hombre, a lo largo de la historia ha hecho uso de recursos de nuestro planeta para satisfacer sus necesidades, estos recursos primarios provienen de fuentes de energía renovable (ER) y no renovable que se disponen en el mundo, la ER se renueva de forma continua y naturalmente por procesos propios de nuestro planeta, siendo su aprovechamiento prácticamente ilimitado y con un mínimo impacto negativo en el medio ambiente, por otro lado la energía no renovable no se regenera naturalmente, siendo su aprovechamiento limitado en el tiempo y con impacto negativo en el medioambiente (Medina Rincón & Venegas Camargo, 2018).

2.2 Energía Renovable

La ER es aquella obtenida de recursos renovables, se tiene en gran abundancia y puede ser aprovechada a través de procesos de transformación relativamente simples, con poco impacto ambiental y directamente como en el caso de una pequeña calculadora alimentada por células solares, a diferencia de la energía no renovable que requiere de grandes centrales generación donde se emiten contaminantes con efectos nocivos en la naturaleza.

Principalmente los recursos de energía renovable son de origen: solar, eólico, hidráulico, biomásico y geotérmico (Vezzoli et al., 2018), se definen a continuación.

2.2.1 Energía eólica

Proviene de la energía cinética de las corrientes de viento, se puede aprovechar directamente esta energía mecánica por ejemplo con molinos de viento o transformándola en energía eléctrica haciendo uso de un aerogenerador, que es la forma más usual de su aprovechamiento siendo los principales componentes de dicho sistema los siguientes elementos, según Vezzoli et al. (2018) son:

-Hélices o aspas que conviertan la energía eólica en energía cinética rotacional.

-Una góndola que normalmente contiene un tren de engranajes multiplicador, un generador eléctrico, un medidor de la velocidad del viento (anemómetro), una veleta que detecta la dirección del viento y un controlador.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

-Una torre de soporte según la orientación vertical u horizontal del aerogenerador.

2.2.2 Energía hidráulica

De sus raíces griegas "hidro", es decir la energía relacionada al agua, ya sea de forma cinética, potencial, de agitación (en el caso de las olas del mar) o térmica(gradiente térmico oceánico), este concepto se ha extendido por el aprovechamiento mareomotriz y undimotriz al concepto clásico, pero en general se considera como tal si el agua se considera como fluido incompresible (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016). Este recurso se ha aprovechado por civilizaciones muy antiguas como los persas o romanos en moledoras de trigo, a día de hoy sigue siendo muy importante en el mercado energético mundial, teniendo aproximadamente 1132 GW de capacidad hidráulica instalada (REN21, 2019).

2.2.3 Energía Biomásica

Se encuentra en forma de energía química, proveniente de residuos biológicos(desechos animales, vegetales, basura orgánica por ejemplo), los cuales se degradan principalmente en etanol de maíz u otros cultivos, biodiesel de soya generalmente, y biogás que en su mayoría está compuesto de biometano y dióxido de carbono provenientes de un biodigestor (Vezzoli et al., 2018).

Las plantas de biogás tienen un gran apoyo dentro de la generación renovable pues además solucionan problemas de contaminación de residuos sólidos, y brindan un combustible limpio que fácilmente puede reemplazar a los combustibles convencionales.

2.2.4 Energía geotérmica

La energía geotérmica es aquella proveniente de fluidos y gases calientes por debajo de la tierra, esta energía como tal ha sido usada directamente antiguamente por antiguas civilizaciones que vivían cerca a geiseres. Pero su uso para la generación eléctrica es reciente, al año 1904 Piero Ginori, instaló la primera planta generadora geotérmica en Larderello, Italia (Cárcel Carrasco & Martínez Márquez, 2015).

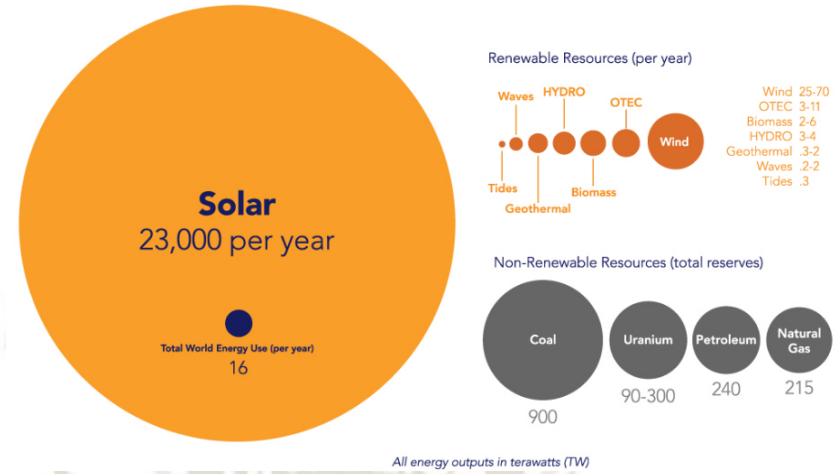
2.3 Energía Solar

Es la energía proveniente de la radiación solar, se estima que anualmente el sol emite a la tierra 4000 veces el consumo mundial de energía (Flores Trejo et al., 2011), por lo que es el recurso energético más abundante a nuestra disposición, esto se observa en la siguiente figura:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 1 Potencial energético disponible por distintas fuentes de energía (TWh)



Fuente: Revision Energy, 2019

Los recursos totales en el mundo de: carbón, uranio, petróleo y gas natural son insignificantes contra los 23000 TWh emitidos por el sol en un año. Dentro del aprovechamiento de la energía solar se puede distinguir principalmente; la energía solar fotovoltaica, solar térmica y solar fotoquímica.

2.3.1 Energía Solar Fotoquímica

El aprovechamiento solar fotoquímico se refiere al uso de la energía solar radiante en interacción con compuestos orgánicos e inorgánicos que puede ser destinada para muchos usos, por ejemplo: mejora en la calidad de agua, desinfección solar (Sarria et al., 2005), entre otros procesos como son los secadores solares.

2.3.2 Energía Solar Térmica

Aprovecha el calor recibido proveniente de la radiación solar térmica que comprende longitudes de onda desde 0,1µm hasta 100µm como se observa en la Figura 2, procedente de la emisión infrarroja, visible y ultravioleta del sol.

Esta energía de radiación térmica emitida se puede modelar matemáticamente por la ley de Stefan-Boltzmann, descrita por la Ec. 1, donde se observa que la energía emitida por radiación es directamente proporcional a una constante $\sigma = 5{,}67 * 10^{-4}\ W/m^2K$ llamada constante de Stefan-Boltzmann, y a la cuarta potencia de su temperatura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

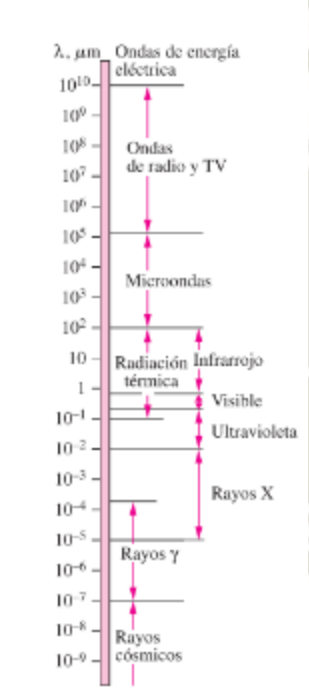
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$E_b(T) = \sigma T^4 \quad (\frac{W}{m^2})$$

Ec. 1 Ley de Stefan-Boltzmann

Los sistemas de generación solar térmica concentran la radiación solar térmica en un punto para lograr altas temperaturas, calentando un fluido de alta capacidad de transferencia de calor que se usa para operar un ciclo de potencia que produce energía, ya sea directamente eléctrica o de cogeneración. Se espera que estos sistemas tengan una capacidad instalada a nivel mundial de 20 GW al año 2020 y de 800GW al año 2050, debido a su alta eficiencia y costo efectividad (Li et al., 2017).

Figura 2 Longitudes de onda



Fuente: Cengel, 2007

2.3.3 Energía Solar Fotovoltaica

Es la forma más sencilla de obtener energía eléctrica a partir del recurso solar, consiste en el uso de células solares semiconductoras, por lo general en sus aplicaciones más comerciales son hechas de silicio en combinación con algunas sustancias e impurezas que generan una diferencia de potencial por la radiación solar incidente, cada una de estas células, a diferencia de la energía solar térmica, captan radiación directa y difusa dando una tensión entre 0,46 a 0,48 V y una corriente de 2 a 4 A (Nuñez et al., 2018), de modo que

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

agrupando dichas células en módulos se dispone de energía eléctrica para usos desde una pequeña calculadora hasta una central eléctrica de macrogeneración.

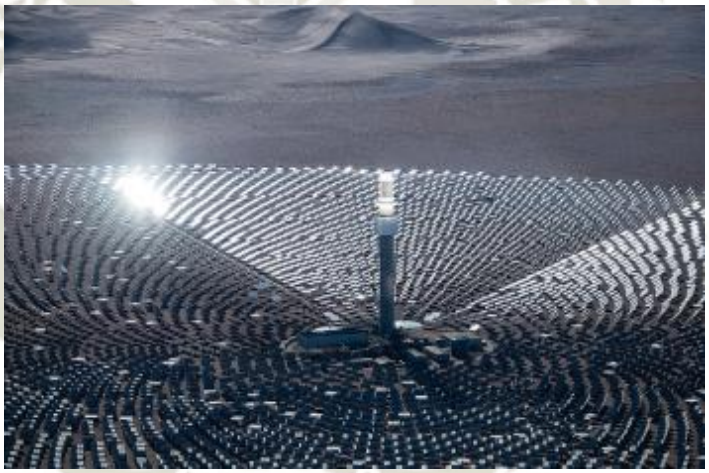
2.4 Tecnología de aprovechamiento solar térmico

Las tecnologías de energía solar térmica más eficientes y económicamente factibles según Al-Qayim (2019) son:

2.4.1 Sistema de Torre Centralizada

Consiste en un arreglo de espejos reflectores direccionados a una torre recibidora llamados heliostatos, ver Figura 3 , que concentran los rayos solares para su conversión en energía térmica por medio de un fluido caloportador en un circuito primario que alimenta a un ciclo de potencia de generación, como se ve en el esquema de la Figura 4.

Figura 3 Planta solar de Torre Centralizada



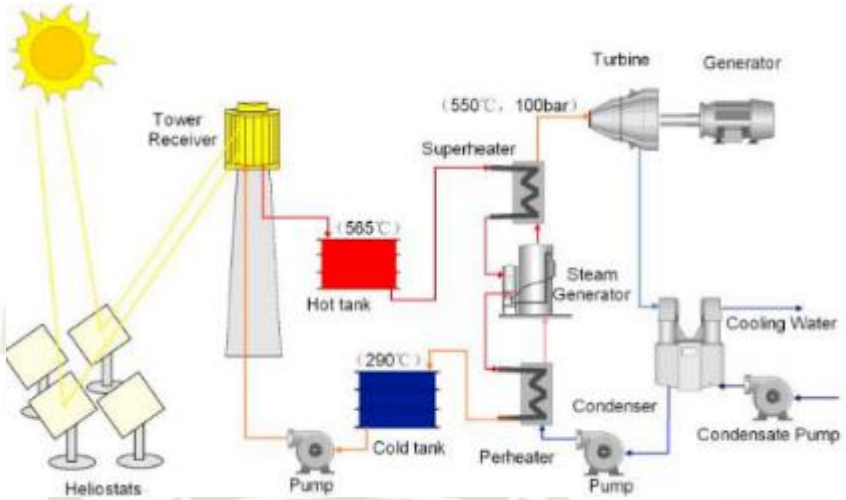
Fuente: Fairley, 2015

Estos sistemas tienen la ventaja de tener una potencia despachada fija, sin variaciones debido al sistema de almacenamiento de energía calorífica solar (Fairley, 2015), les da autonomía de generación hasta por más de un día entero, por su sistema de almacenamiento del fluido caloportador que se observa en el circuito primario de la Figura 4.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 4 Esquema de un sistema de Torre Centralizada

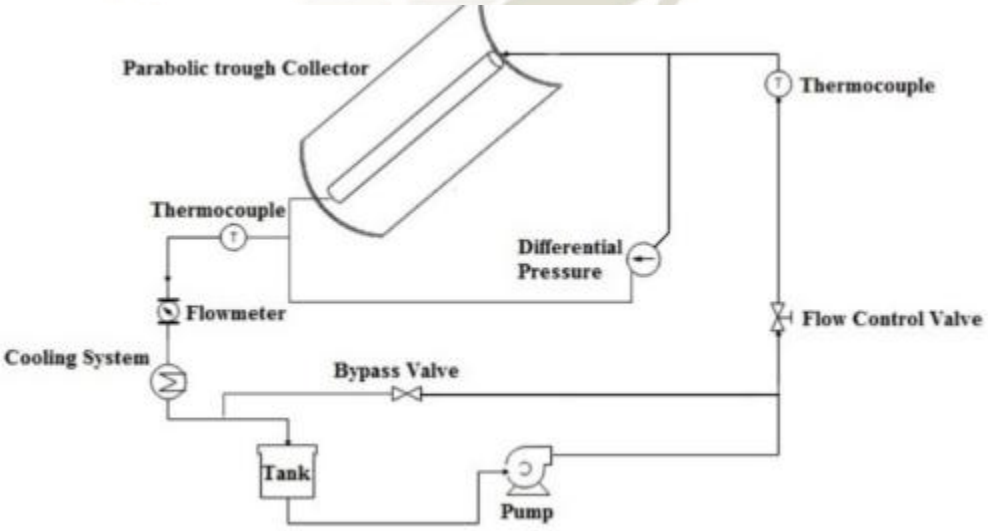


Fuente: Chen et al., 2019

2.4.2 Concentrador cilíndrico parabólico

Este tipo de tecnología domina el mercado de generación solar térmica, con un 70% de la capacidad añadida durante el año 2018 (REN21, 2019). Consta básicamente de concentradores solares lineales, que poseen tres partes principales: un espejo parabólico, un absorbedor tubular y un fluido de transferencia de calor que alcanzan temperaturas altas entre 400ºC a 800ºC (Valizade et al., 2019).

Figura 5 Esquema de sistema solar con concentrador parabólico



Fuente: Valizade et al., 2019

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Dichos elementos componentes se muestran en el esquema (ver Figura 5), mediante un tanque de almacenamiento se dispone de fluido para iniciar un ciclo de potencia Rankine para generar energía eléctrica.

2.4.2.1 Disco Solar Parabólico

Consiste de un disco parabólico hecho de varias piezas de espejos que enfocan la radiación solar directa en el punto focal de la parábola del disco, donde se alcanzan temperaturas mayores a 750ºC (Al-Qayim, 2019), calentando a un fluido recibidor que genera electricidad por medio de un motor Stirling (ver Figura 6) o micro turbinas, pudiendo usarse para microgeneración o mayor generación si se usan varias de estas unidades.

Figura 6 Disco solar Parabólico Stirling



Fuente: F. M. Liu et al., 2017

La mayor unidad generadora mediante un motor Stirling al año 2017, fue construida por la compañía "Schlaich-Bergermann und Partner" con un disco de un diámetro de 17,0 m y una potencia máxima de salida de 53 kW (F. M. Liu et al., 2017).

2.5 Generación fotovoltaica

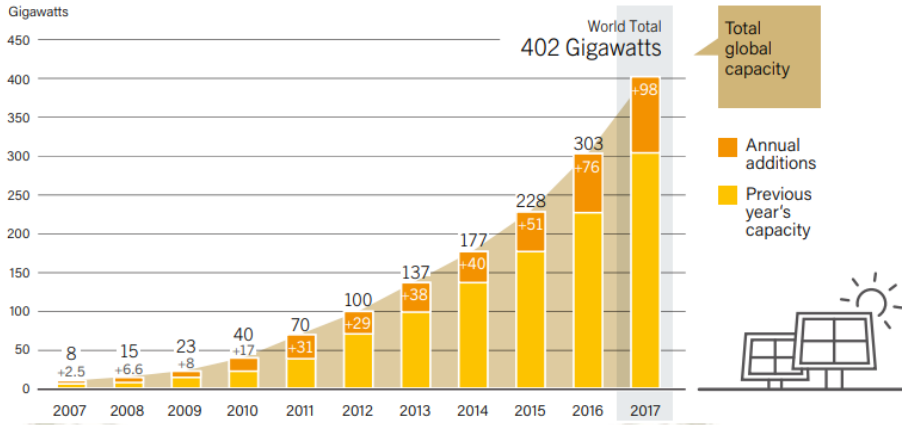
A lo largo del año 2017, se añadió mayor capacidad de energía solar fotovoltaica a nivel mundial que otro tipo de energía, superando a las centrales nucleares, termoeléctricas de ciclo simple o combinado. De modo que a día de hoy se tiene más de 402 GW instalados de energía solar fotovoltaica en el mundo (REN21, 2018).

Las innovaciones y avances continúan desarrollándose incrementando la eficiencia y el desempeño de los paneles fotovoltaicos, esto obliga a las compañías a reducir los costos de producción y a su vez de generación, haciendo más accesible la energía solar fotovoltaica.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 7 Potencia global total y añadida de Energía Solar Fotovoltaica (2007-2017)



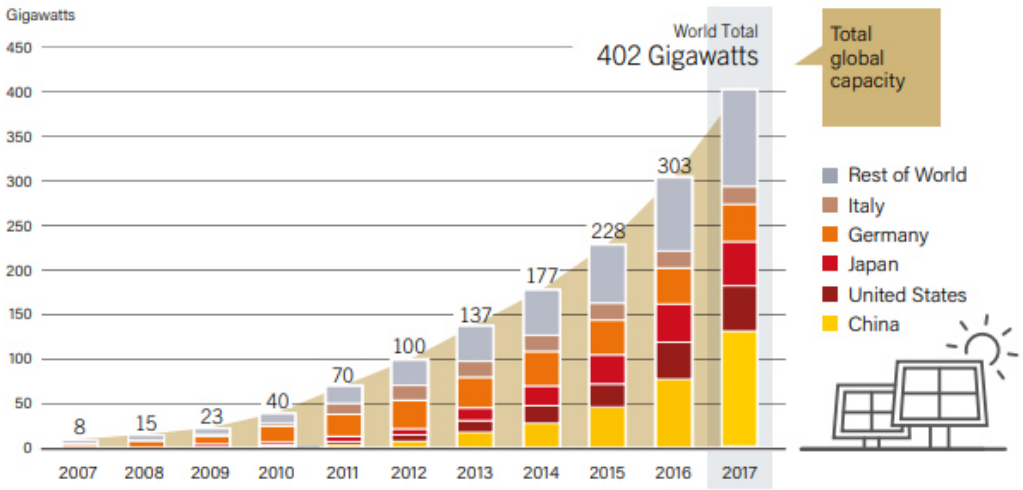
Fuente: REN21, 2018

De ese modo, se tiene ya al 2018 un costo aproximado de 100 dólares americanos por cada MWh (REN21, 2018), esto significa una caída de 73% de los costos de generación que se tenían al año 2010, lo cual resulta muy alentador.

2.5.1 Generación fotovoltaica en el mundo

La expansión global del mercado de generación fotovoltaico es a la actualidad vital para el desarrollo de un país, al aprovechar el recurso solar y reducir las emisiones de CO2, además estos sistemas se desempeñan muy bien en generación aislada, se espera aún mayor crecimiento pues la creciente demanda global sigue incrementando y por lo general, este mercado es apoyado por iniciativas y regulaciones de estado.

Figura 8 Capacidad Fotovoltaica instalada por País y Región (2007-2017)



Fuente: REN21, 2018

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

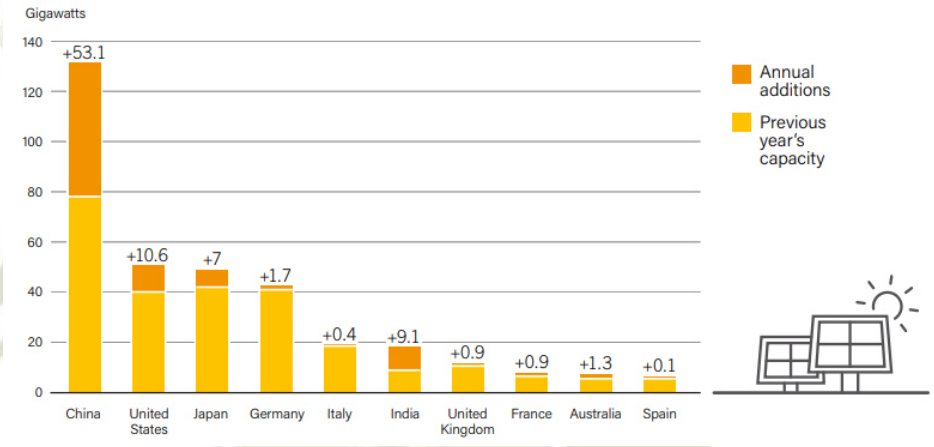
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La producción de energía fotovoltaica en su mayor parte corresponde a países asiáticos (China, Japón, India), que representan aproximadamente 75% de la potencia añadida a nivel mundial, y los Estados Unidos, véase la Figura 8, donde además destaca China como la mayor potencia en generación solar fotovoltaica, que según el reporte REN21 (2018), tuvo un crecimiento casi del 50% más de su generación entre los años 2016 y 2017.

En el año 2017, China superó todas las expectativas añadiendo 53,1 GW a la potencia instalada a nivel mundial, a fin de año sus instalaciones contaban con 131,1 GW de potencia, de modo que la expectativa mínima de crecimiento para el 2020 será de 105 GW conforme al reporte REN21 (2018).

Figura 9 Capacidad de Energía solar fotovoltaica en los primeros 10 países al 2017



Fuente: REN21, 2018

Los principales macroproyectos de instalaciones fotovoltaicas representan el 77% de la potencia añadida, de modo que el tamaño y el número de los proyectos continúan creciendo desde el año 2017, se estima que a por lo menos 196 plantas de 50 MW por lo menos en 28 países.

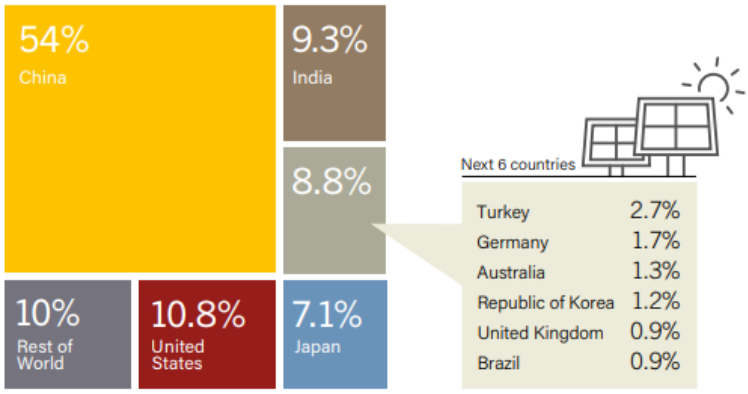
Por otro lado, Latinoamérica aún representa una muy pequeña porción de la capacidad instalada, se espera que el mercado de la energía solar se expanda rápidamente, prueba de ello son los dos principales productores: Chile que excede 1 GW de potencia instalada y Brasil con 0,9 GW instalados sólo en el 2017 superando a Chile con 1,1 GW instalados, este crecimiento en Brasil representa 1% de la potencia instalada añadida nivel mundial en el 2017.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 10 Capacidad global fotovoltaica de principales países productores



Fuente: REN21, 2018

2.5.1.1 Generación fotovoltaica de baja potencia

Los sistemas de generación de energía descentralizados y diversos son a la actualidad los actores del suministro y crecimiento económico que suplen la demanda energética, en consecuencia, las redes de microgeneración de energía solar fotovoltaica es un medio fundamental para lograr sistemas descentralizados y la diversificación ante la demanda creciente.

2.5.1.2 Microgeneración

Se ha definido la microgeneración para sistemas de hasta 75 kW en el caso de Brasil (Carlos et al., 2017), en lo que concierne al Perú se espera afrontar este nueva realidad mediante regulaciones de la red para determinar la operación de estas minicentrales para garantizar suministro confiable, seguro y adecuado de las mismas.

2.5.2 Generación fotovoltaica en el Perú

Perú está encaminado a la reducción de los gases contaminantes y por consiguiente a apoyar proyectos de generación fotovoltaica, destacan los siguientes proyectos:

2.5.2.1 Central Solar Rubí

Se encuentra ubicada en el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto y distrito de Moquegua, a una altitud de 1410 msnm.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 11 Ubicación de la Central Solar Rubí



Fuente: Osinergmin, 2018

Es la mayor central solar fotovoltaica en el Perú con una capacidad de 144,48 MW, instalados por 560 880 módulos fotovoltaicos Reisen de 320 W cada uno, la disposición de módulos en serie es de 30.

Figura 12 Vista de los paneles solares de la Central Solar Rubí



Fuente: Osinergmin, 2018

Con un monto de inversión aproximado de 165 millones de USD la central fue puesta en servicio al 29 de enero del 2018.

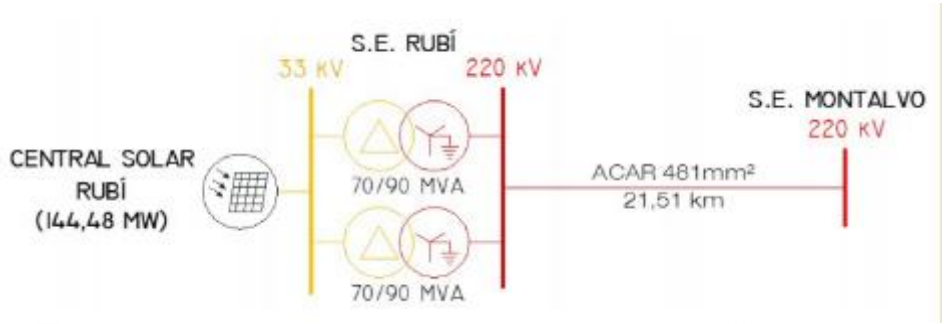
Los circuitos de alimentación a la S.E. Rubí están a una media tensión de 33 kV e interconectados a la S.E. Montalvo por una línea de alta tensión a 220 kV.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 13 Diagrama unifilar de la Central solar Rubí



Fuente: Osinergmin, 2018

2.5.2.2 Central Tacna Solar:

La central dispone de 20 MW de potencia instalada, se encuentra en el Departamento de Tacna, provincia y distrito de Tacna a una altitud de 560 msnm, el monto aproximado de inversión fue de 94,6 millones de USD y su puesta en operación fue en octubre del año 2012.

Figura 14 Plano de Ubicación de la Central Tacna Solar



Fuente: Osinergmin, 2018

Figura 15 Módulos Solares Instalados en Tacna Solar



Fuente: Osinergmin, 2018

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

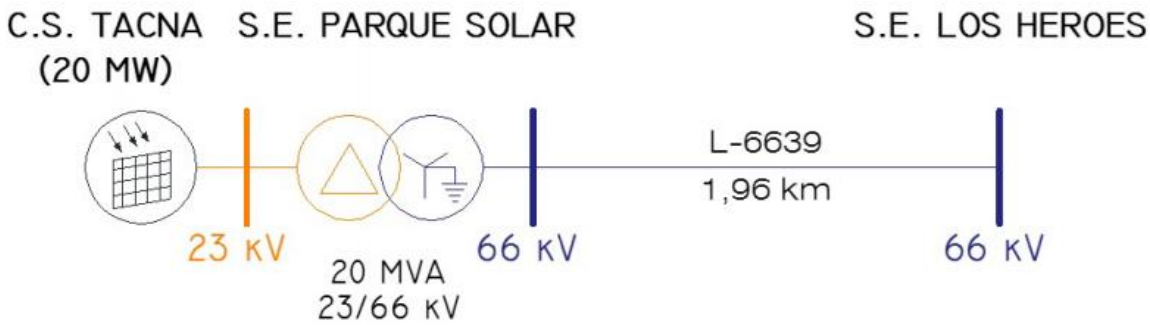
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La central cuenta con 74988 módulos fotovoltaicos de 290 Wp cada uno, asociados a 182 sistemas de seguidores solares y 16 centros de transformación de 1,25 MW cada uno, alcanzando así los 20 MW de su capacidad. Cabe destacar que esta central a día de hoy está entregando 16 MW (Osinergmin, 2018).

Los circuitos que alimentan la barra de media tensión a la S.E: Parque solar se encuentran a 23 kV por medio de cuatro anillos, que eleva a una tensión de 66 kV interconectándose a la S.E. Los Héroes.

Figura 16 Esquema Unifilar de la Central Tacna Solar



Fuente: Osinergmin, 2018

2.5.2.3 Central Panamericana Solar:

Brinda 20 MW de potencia instalada al SEIN, está ubicada en el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Moquegua a 1410 msnm, entró en operación en diciembre del año 2012, a la actualidad opera a 16 MW (Osinergmin, 2018).

Figura 17 Plano de Ubicación Central Panamericana Solar



Fuente: Osinergmin, 2018

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Posee 72000 módulos fotovoltaicos de 280 Wp cada uno, acoplados a 174 seguidores solares, con 16 centros de transformación de 1,25 MW cada uno, la central opera a un factor de planta de 28,9%.

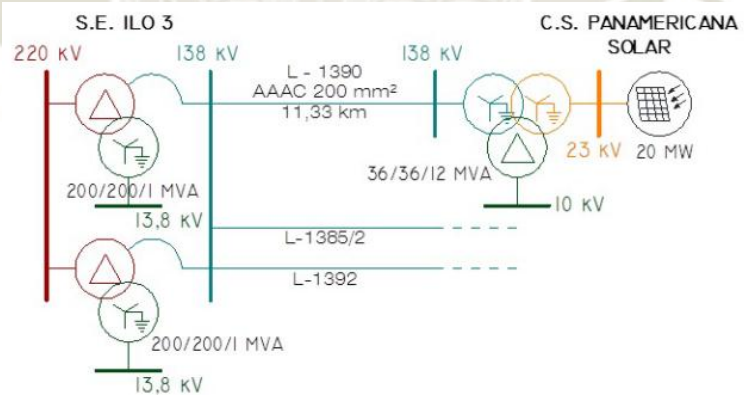
Figura 18 Instalación de los Módulos fotovoltaicos, Central Solar Panamericana



Fuente: Osinergmin, 2018

La central se conecta a la S.E. Ilo 3 por medio de dos tramos de red, el primer tramo es de 23kV hasta un el transformador de tres devanados que eleva la tensión a 138 kV en el secundario para su interconexión a través de la línea L-1390.

Figura 19 Esquema unifilar de la Central Panamericana Solar



Fuente: Osinergmin, 2018

2.5.3 Ventajas de la generación fotovoltaica

Principalmente se encuentran 5 ventajas sobre el resto de la generación convencional, según Greenmatch (2019) son:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

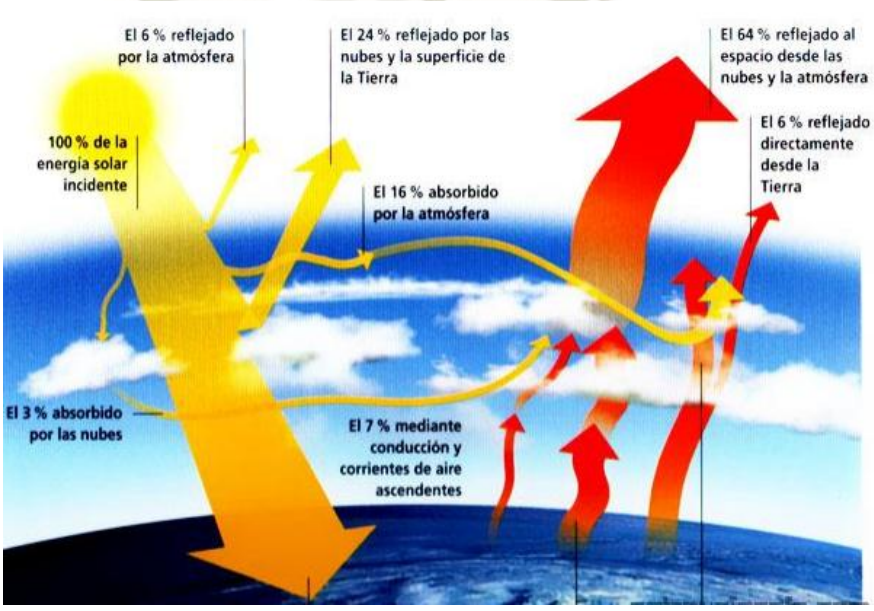
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

a) Recurso energético renovable: Significa que puede ser desarrollado en casi todas las áreas del mundo, el recurso solar es prácticamente inagotable hasta dentro de 5 billones de años.
b) Es apoyada por los bonos de carbono: Este tipo de proyectos reciben apoyo y bonos al contribuir a la reducción de gases contaminantes a la atmósfera.
c) Diversas aplicaciones: Se puede usar en macrogeneración, micro generación con inyección al sistema interconectado e incluso como generación aislada.
d) Desarrollo tecnológico: Con los recientes descubrimientos en física cuántica y avances en nanotecnología se esperan mayores avances e innovaciones para mejorar los sistemas de generación fotovoltaica.
e) Bajos costos de mantenimiento: Estos sistemas requieren muy poco mantenimiento, solo limpieza ocasionalmente, lo que les permite operar continuamente.

2.6 Irradiancia solar

Menos de una mil millonésima de la potencia emitida por el sol llega a la tierra, aproximadamente $1{,}7x10^{17}$ W. A la atmósfera llegan 1373 W/m^2 (Cengel, 2007), representan la energía proveniente del sol a una superficie perpendicular a la radiación solar bordeando la atmósfera mientras la tierra está a su distancia media respecto al sol , dicha cantidad es conocida como irradiancia o constante Solar.

Figura 20 Pérdidas de Irradiancia solar



Fuente: Arenas Sanchez & Zapata Castaño, 2011

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Pero esta irradiación se ve afectada principalmente por condiciones atmosféricas (ver Figura 20), tales como la influencia de la velocidad del viento, nubosidades, y precipitaciones, que son variables consideradas en las estimaciones más recientes de modelos predictivos de irradiación solar de minería de datos (Bertrand et al., 2018).

2.6.1 Componentes de irradiación

Debido a tales influencias atmosféricas sobre la irradiación se distinguen tres componentes de radiación, según Perpiñán Lamigueiro (2013) se distinguen:

2.6.1.1 Radiación directa

Parte de la irradiancia que procede en dirección paralela al sol, con una dirección alineada al sol.

2.6.1.2 Radiación difusa

Representa la parte de la irradiancia que es desviada debido a condiciones atmosféricas, compuesta por rayos desiguales y dispersos debido a que la reflexión atmosférica es un proceso anisotrópico.

2.6.1.3 Radiación del albedo

Proviene de la irradiación reflejada por el suelo, es una proporción despreciable de la irradiación que para fines prácticos puede ser despreciada.

Las células fotovoltaicas aprovechan las tres componentes de generación, a diferencia de la tecnología solar térmica que fundamentalmente usa radiación directa.

2.6.1.4 Masa de aire

Estas dispersiones debidas a factores atmosféricos varían según las zonas horarias, a eso se le denomina espectro estándar, para lo cual se define un parámetro denominado masa de aire (AM) por sus siglas en inglés, hace uso de las siglas G y D precedidas de un número, que caracterizan respectivamente; la irradiancia global, difusa, y el número cuantifica la reducción de la potencia solar cuando atraviesa la atmósfera.

Por ejemplo una masa de aire de AM0, significa que se evalúan condiciones de trabajo en el espacio, una AM1,5D significa que se evalúa solamente la radiación difusa, mientras que una AM1,5G (estándar para condiciones normales), evalúa la irradiación global, es decir directa y difusa (Rojas Hernández, 2011).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.6.2 Base de datos de irradiación solar

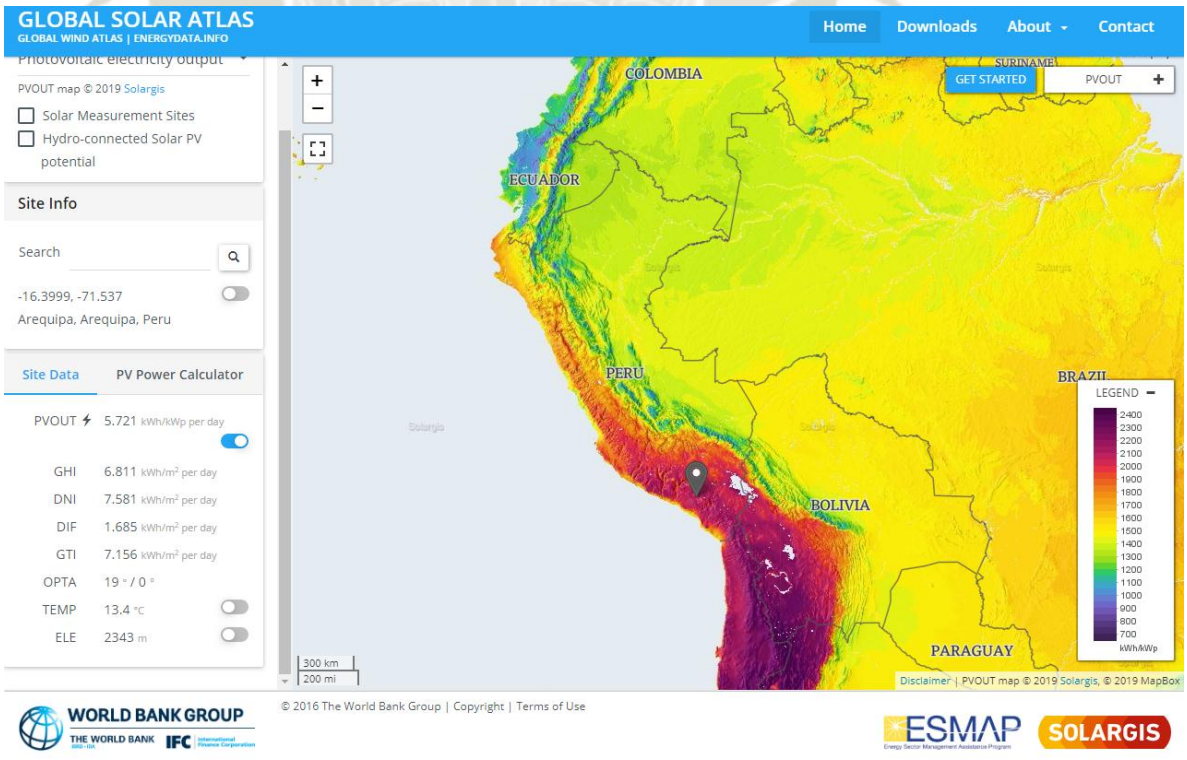
2.6.2.1 Base de datos de irradiación solar a nivel mundial

En el marco del proyectos de electrificación, para evaluar la irradiancia solar destaca el "Global Solar Atlas" desarrollado por el World Bank Group, basado en las mediciones de las estaciones meteorológicas existentes, las que mayormente solamente registran la insolación (horas de sol pico). Si bien estos datos no son siempre los más precisos, la información disponible es suficiente para poder diseñar y dimensionar en aplicaciones tales como instalaciones solares fotovoltaicas autónomas y de GD.

2.6.2.2 Irradiación solar en el Perú

El Perú cuenta con altos niveles de radiación solar que hacen factible la implementación de parques solares para el abastecimiento de electricidad al SEIN como para sistemas aislados. La zona costera sur del país (Arequipa, Moquegua, Tacna), destaca al poseer un nivel de radiación solar entre 6,5 a 7,5 kWh/m^2. El potencial económico y técnico de los proyectos solares se vuelve cada vez mayor, debido al avance tecnológico y la evolución decreciente de costos de los módulos.

Figura 21 Mapa potencial de Energía solar en Perú



Fuente: WORLD BANK GROUP, 2019

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Perú se encuentra por el norte cercano en latitud a los países nórdicos y al Ecuador lo que le permite acceder al recurso solar durante el mayor tiempo disponible al año, de modo que el índice de irradiación solar siempre se encuentra por encima de 5 kWh/m^2 al día (Eliseo Sebastian, 2018).

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano, en la gran mayoría de localidades la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y uniforme durante todo el año, haciendo más atractivo su uso en comparación a otros países.

La radiación solar, varía según la latitud (a mayor distancia de la línea ecuatorial menor radiación), la altura sobre el nivel del mar (a más altura más radiación), la orografía (valles profundos tienen menos horas de sol) y la nubosidad (a mayor nubosidad menos radiación).

La energía solar puede aprovecharse de varias formas: para secar (ropa, frutas); para calentar (agua, viviendas, invernaderos), y para producir corriente eléctrica.

En el Perú, con su alta radiación solar, se usa esta forma de energía en las telecomunicaciones y cada vez más en el sector industrial por ejemplo en la agricultura para el bombeo de agua, en minas y otros sectores.

La energía solar es una de las opciones que se están desarrollando como alternativas a las energías provenientes de la quema de combustibles fósiles. A diferencia de los países nórdicos, el territorio peruano, por estar mucho más próximo al Ecuador, cuenta con sol durante la mayor parte del año. De acuerdo al Global Solar Atlas, ver Figura 21, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5,5 a 6,5 kWh/m^2; 5,0 a 6,0 kWh/m^2 en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4.5 a 5,0 kWh/m^2(WORLD BANK GROUP, 2019).

2.6.2.3 POTENCIAL DE IRRADIACIÓN SOLAR EN AREQUIPA

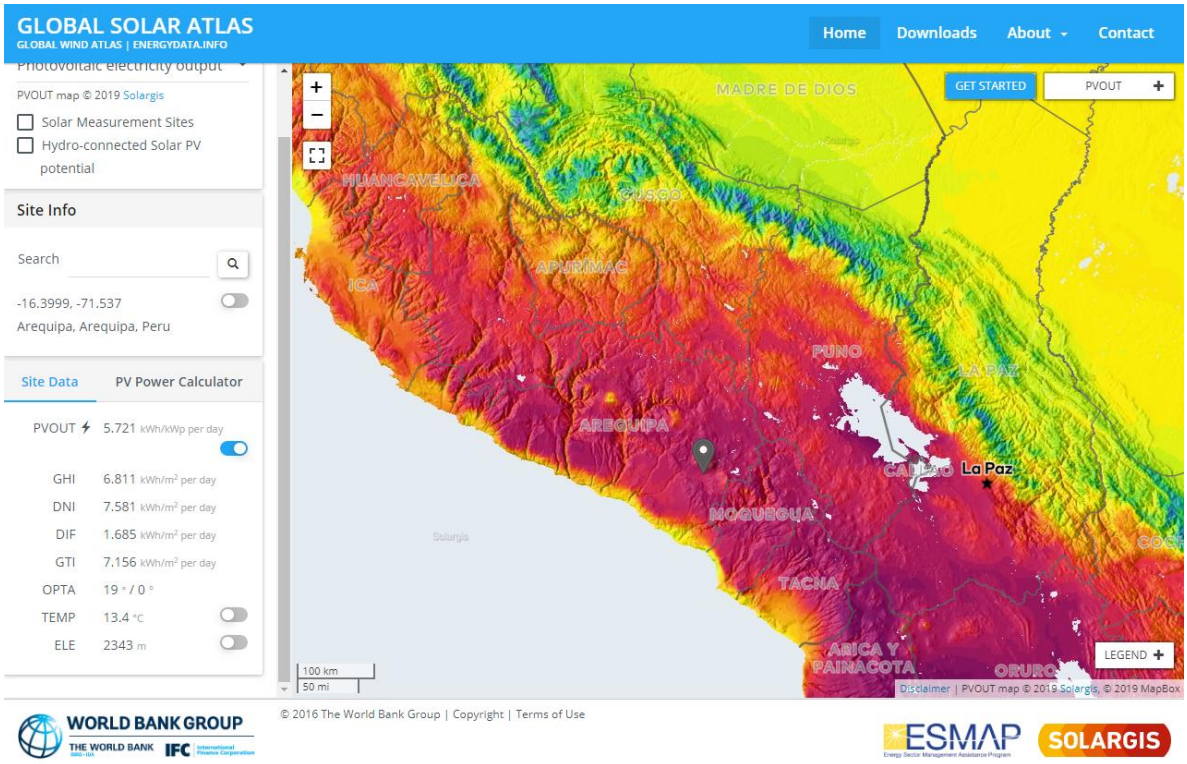
Las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna tienen promedio de energía de 6 a 7 kWh/m^2, mientras que Piura y Tumbes tienen promedio entre 5,5 y 6 kWh/m^2. Además, existe interés de organismos de cooperación internacional para promover el uso de esta energía. Para el departamento de Arequipa como se observa en la Figura 22, se estima una irradiación promedio anual de 6,81 kWh/m^2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 22 Energía Solar Incidente en Arequipa



Fuente: WORLD BANK GROUP, 2019

2.7 Geometría Solar

Para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos, es necesario tener en cuenta conceptos y definiciones respecto a las coordenadas geográficas del proyecto a desarrollarse, considerando las coordenadas solares en relación a las geográficas para evaluar la irradiación solar incidente neta debido a las pérdidas por efectos atmosféricos propios del lugar del proyecto.

2.7.1 Coordenadas geográficas

Cualquier lugar en la tierra puede ser ubicado en función a dos coordenadas: latitud y longitud que se representan por las letras λ, ϕ, respectivamente, ambas son medidas angulares (Stern, 2004), cuyas unidades están dadas en grados, minutos y segundos de arco respectivamente representadas por (º, ’,”).

2.7.1.1 Latitud:

En la Figura 23, se observa a la izquierda el punto O, el centro de la tierra como punto de referencia en conjunto con el plano ecuatorial y el ángulo “λ” para determinar la ubicación del punto P, de modo que la latitud tomará valores positivos si se refiere a una ubicación

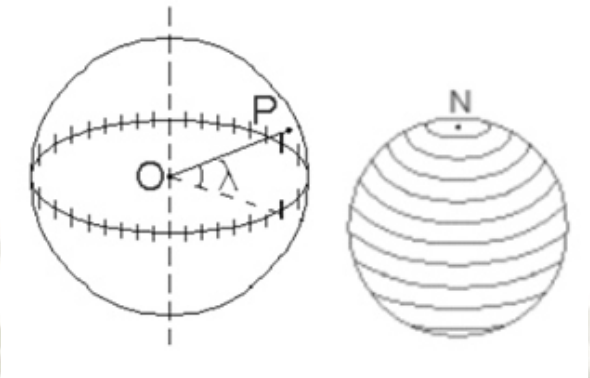
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

geográfica por encima de la línea ecuatorial y negativos para lugares por debajo de la línea ecuatorial, nótese que en la figura a la derecha se tienen latitudes uniformes para líneas paralelas a la ecuatorial.

Figura 23 Ángulo y líneas de latitud

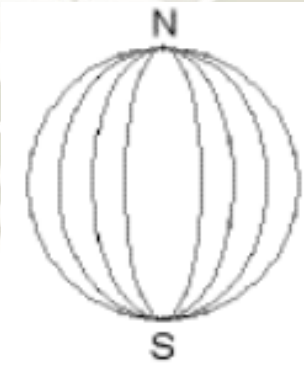


Fuente: Stern, 2004

2.7.1.2 Longitud:

Del mismo modo, la longitud representa el ángulo de un punto cualquiera con respecto al meridiano de Greenwich, teniendo meridianos paralelos para posiciones con la misma longitud como muestra la Figura 24.

Figura 24 Longitud y meridianos paralelos



Fuente: Stern, 2004

2.7.2 Coordenadas Solares

Del mismo modo que en las coordenadas geográficas se requiere de dos valores para determinar la posición geográfica, en las coordenadas solares la posición del sol respecto a

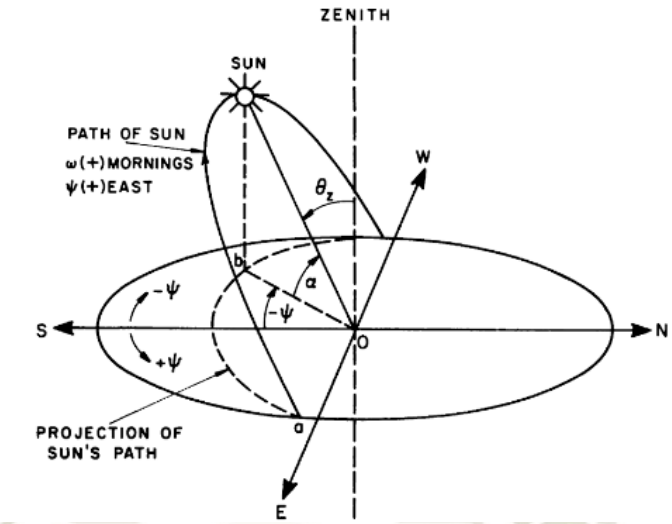
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

un punto en la superficie terrestre está dado por dos coordenadas: altura solar y acimut solar (Salvador Escoda, 2017).

Figura 25 Coordenadas solares



Fuente: Iqbal, 2012

2.7.2.1 Altura Solar

La altura solar (véase la Figura 25), está denotada por la letra griega α, que es el ángulo que forma una línea orientada al sol con la superficie del plano coordenado, así se tiene que el sol alcanza una altura máxima, dependiendo de la estación y que varía con cada día del año, se da en grados (º), es siempre positivo.

2.7.2.2 Acimut Solar

Esta medida angular dada en grados (º), está definida por el ángulo "ψ" que forma la proyección solar sobre la superficie y el eje coordenado Norte-Sur, es decir el meridiano local, tomando valores positivos si se recorre de Sur a Este, y tomará valores negativos, si en ángulo tiene dirección Sur-Oeste, véase la Figura 25 Coordenadas solares".

2.7.2.3 Ángulo cenital

Este ángulo dado en grados (º), denotado por θ_z, es el ángulo formado por una recta en dirección al sol y el cénit local, entonces resulta ser el complemento de la altura solar. Matemáticamente:

$$\alpha + \theta z = 90°$$

Ec. 2 Relación entre altura solar y ángulo cenital

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Así, usando razones trigonométricas para relacionar tales ángulos solares con los ángulos usados en el sistema de coordenadas geográfico se establece la siguiente relación de transformación para describir la trayectoria del sol en función de la latitud y longitud (λ, ϕ), según Iqbal (2012), dicha relación está dada por la siguiente ecuación:

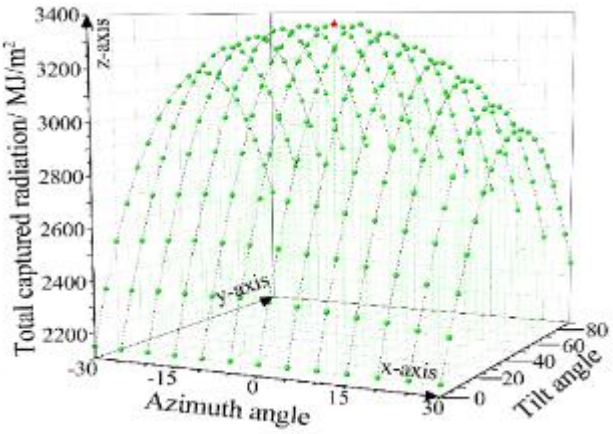
$$\cos\psi = \frac{(sen\alpha \cdot sen\phi - \text{sen}\delta)}{cos\alpha \cdot cos\phi}$$

Ec. 3 Relación entre ángulos solares y coordenadas geográficas

Donde el ángulo "δ", dado en grados (º), es la declinación solar del ángulo solar con respecto al plano ecuatorial, siendo dependiente de la estación del año a considerarse, de modo que en los equinoccios toma el valor de 0º.

Estas relaciones se usan para determinar la inclinación óptima de sistemas de energía solar, en función a la ubicación y las diferentes estaciones del año, de este modo, en un análisis de optimización de sistemas solares realizado en Hongyuan, China (Jin et al., 2017), se determinaron las coordenadas solares más óptimas para la estación de invierno, dadas por el ángulo de inclinación del sistema y el acimut solar más eficientes, ver Figura 26, respectivamente fueron de 55º y -5º, encontrándose la orientación geométrica de los paneles donde se tiene mayor irradiación incidente.

Figura 26 Azimut y altura solar óptima de invierno en Hongyuan, China



Fuente: Jin et al., 2017

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.8 Sistemas de generación solar fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos, tienen características únicas que no poseen otros tipos de energía renovable, usando la energía solar cuentan con un recurso inagotable de energía, flexibles al permitir adecuar la potencia y ampliar su energía solamente con la adición de paneles al sistema, requieren poco mantenimiento, no dependen de un generador eléctrico y los costos de los paneles están reduciéndose exponencialmente con cada año (Shuvho et al., 2019).

Los elementos que conforman un sistema solar fotovoltaico, como muestran las figuras: Figura 27 y Figura 29, según Vezzoli (2018) son en general: módulos fotovoltaicos, reguladores de carga, inversores, baterías, protecciones, contadores y la carga del sistema.

2.8.1 Sistemas fotovoltaicos de autoconsumo

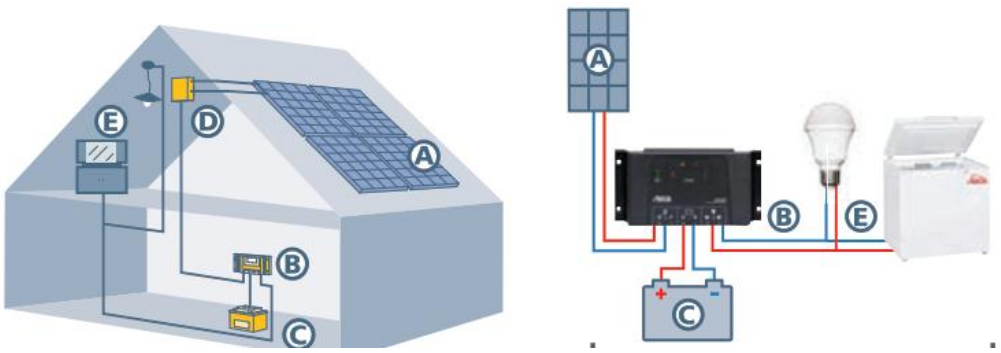
Se distinguen principalmente dos tipos de instalaciones fotovoltaicas:

2.8.1.1 Instalaciones fotovoltaicas autónomas

Se hace uso de estos sistemas principalmente en áreas rurales, sin acceso a redes de distribución, donde la energía generada está destinada al autoabastecimiento de un inmueble o de un grupo residencial (pequeños poblados rurales, edificios, etc.). Estos sistemas necesariamente tienen que contar con un sistema de almacenamiento de energía, por lo que su inversión es mayor que las instalaciones conectadas a la red.

Un sistema autónomo de generación autónomo normalmente tiene aplicaciones de baja potencia, aproximadamente hasta 200 kW. Esto se observa en la Figura 28, de un estudio de estimación de autoconsumo para dos edificios con instalaciones fotovoltaicas autónomas, se tiene un autoconsumo del 99% para potencias menores a 150 kW (Jurasz & Mikulik, 2019).

Figura 27 Esquema básico de una instalación fotovoltaica autónoma



Fuente: Salvador Escoda, 2017

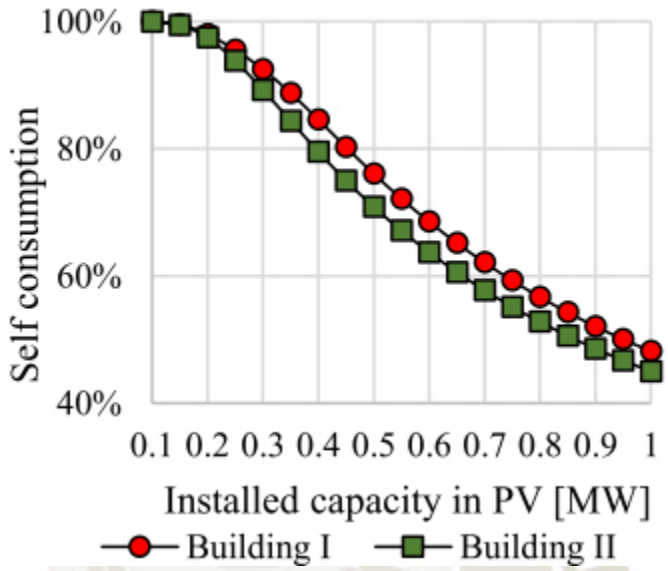
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuando la potencia instalada es mayor, los sistemas de baterías de almacenamiento no responden igual, degradando el porcentaje de autoconsumo a 40%, lo cual limita las aplicaciones de este tipo de instalaciones a la microgeneración.

Figura 28 Energía consumida por instalaciones de generación autónoma



Fuente: Jurasz & Mikulik, 2019

2.8.1.2 Instalaciones fotovoltaicas de GD

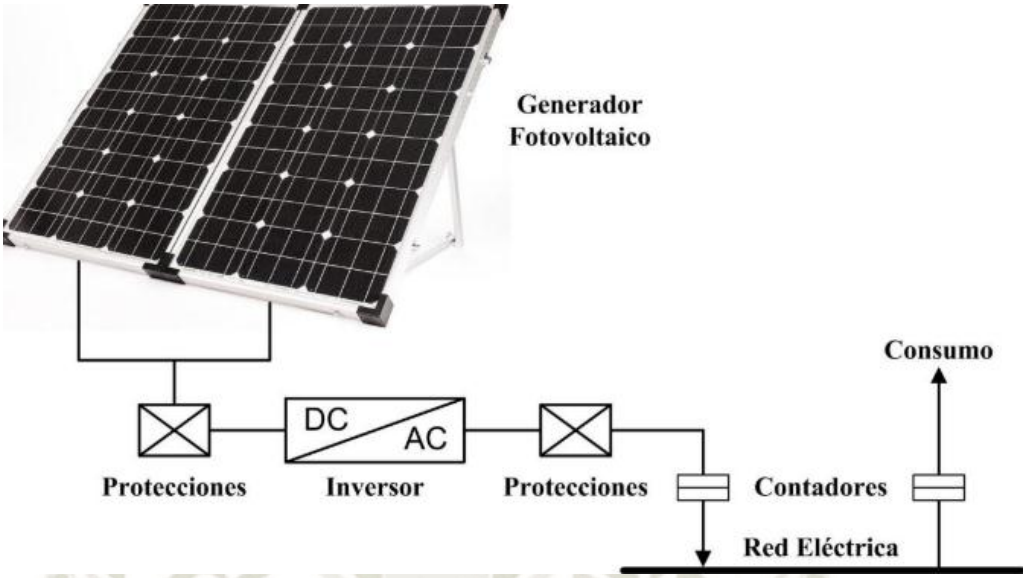
Estos sistemas se encuentran conectados a la red de distribución, ver Figura 29, para lograr esta interconexión exitosa se tiene que inyectar energía de calidad con las mismas características, de modo que la red de distribución mantenga sus niveles de confiabilidad y seguridad operacional.

Si estos sistemas son usados para autoconsumo, se usa el concepto de prosumidor que se refiere al usuario que posee una planta fotovoltaica, usándolo para autoconsumo en las horas de sol vendiendo los excedentes de energía a la red y tomando energía de la red en horas donde no se dispone del recurso solar, para ello el sistema deberá contar con un sistema de medición bidireccional o de dos medidores para hallar la energía neta consumida o inyectada (Berrino et al., 2018), de modo que este tipo de instalaciones no requiere de un sistema de almacenamiento de energía ni un regulador de carga.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 29 Esquema de un sistema de GD fotovoltaico



Fuente: Berrino et al., 2018

2.8.2 Celdas fotovoltaicas

Se define como un dispositivo eléctrico que permite la conversión directa de energía lumínica en energía eléctrica, mediante procesos físico-químicos, son indiferentes al tipo de radiación solar o de cualquier tipo (artificial, ultravioleta, etc.). Así que es posible usarlas no solo en generación, sino además como un elemento sensor de radiación electromagnética, poseen tres atributos característicos de operación, según Mohammad Bagher (2016) son:

- Absorción de la luz, generando una diferencia de potencial por interacciones tipo electrón-hueco.
- Separación de carga debido a dicha brecha de potencial.
- El flujo de estas cargas a través de un circuito externo.

2.8.2.1 Efecto fotoeléctrico

Es producido por el impacto de los fotones provenientes de la luz contra una superficie metálica, liberando electrones de sus átomos, debido a la absorción de la energía.

El fenómeno fue originalmente descrito por Heinrich Hertz en 1887 al observar el incremento del arco de corriente con la emisión ultravioleta y posteriormente por Albert Einstein en 1905 (Salvador Escoda, 2017).

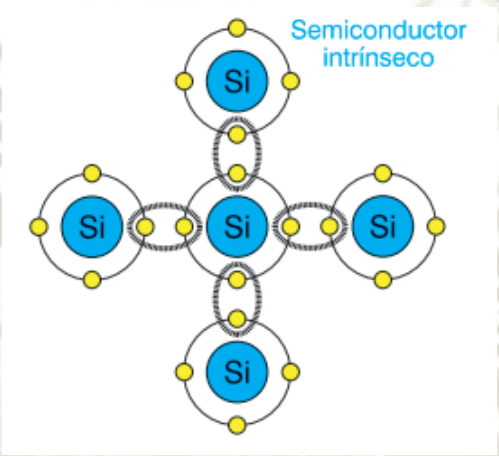
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se aprovecha este efecto usando semiconductores, se trata de materiales que se comportan como conductores y aislantes en determinadas circunstancias, se tiene entonces el silicio y el germanio como principales semiconductores intrínsecos al estar compuestos de un solo elemento, al poseer cuatro electrones en la banda de valencia(ver Figura 30), formando uniones aislantes por donde difícilmente circulan corrientes eléctricas, siendo el silicio ampliamente usado debido a su abundancia en nuestro planeta y además posee un rango de temperaturas de operación más amplio.

Figura 30 Semiconductor intrínseco de Germanio



Fuente: Salvador Escoda, 2017

Para lograr la circulación de electrones y aprovechar el efecto fotoeléctrico, es necesario contar con una diferencia de potencial eléctrico. Esto se logrará mediante la adición de elementos dopantes del tercero y quinto grupo de la tabla periódica en los semiconductores originales (Hoffmann & Goetzberger, 2005), pasando de ser semiconductores intrínsecos a ser semiconductores extrínsecos, se distinguen dos tipos de acuerdo al dopante:

Semiconductores tipo p:

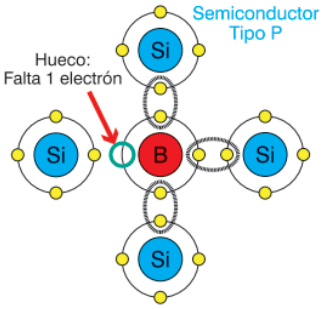
Usando elementos del tercer grupo de la tabla periódica: boro, aluminio, galio e indio que son ampliamente usados en la industria de semiconductores (Hoffmann & Goetzberger, 2005), de la forma como muestra la Figura 31, se tiene un espacio hueco, este defecto de electrones que se convierte en una carga positiva neta del semiconductor, aceptando el paso de electrones externos a la unión. Se les conoce como semiconductores tipo p.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 31 Hueco en un semiconductor tipo p

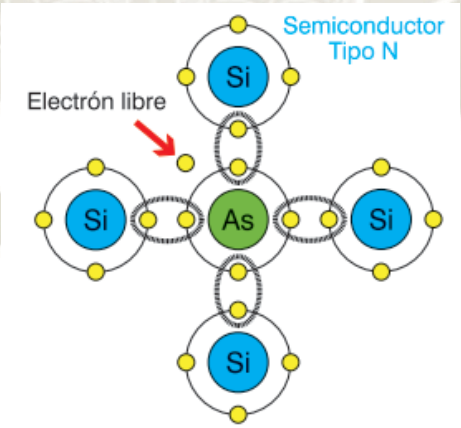


Fuente: Salvador Escoda, 2017

Semiconductores tipo n:

Si reemplazamos un átomo de la estructura cristalina mostrada originalmente en la Figura 30, con un elemento del quinto grupo de la tabla periódica, como el Arsénico mostrado en la Figura 32, se ve que el quinto electrón no se acomoda a la estructura, al no cumplir con la regla del octeto, quedando este electrón libre (Perpiñán Lamigueiro, 2013). A este semiconductor se le denomina de tipo n.

Figura 32 Electrón libre en un semiconductor tipo n



Fuente: Salvador Escoda, 2017

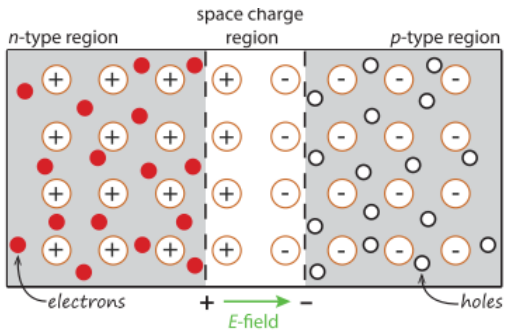
Entonces si se juntan ambas regiones, los electrones mostrados en la Figura 33, debido a la diferencia de cargas ocasionada por el efecto electrón hueco se reacomodarán como muestra la Figura 34.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

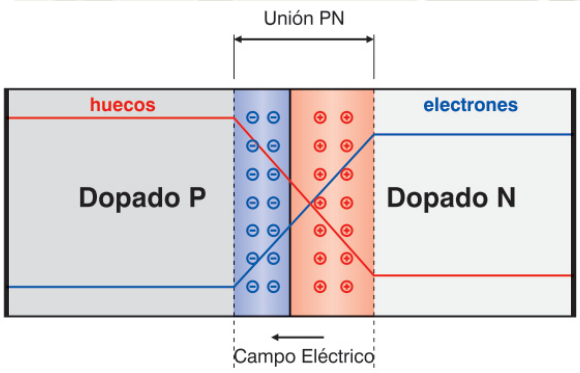
Figura 33 Electrones libres y huecos en una unión pn



Fuente: Jäger et al., 2014

Ocurre también un reacomodamiento de las cargas donde los electrones excedentes del semiconductor tipo n, pasan de inmediato al semiconductor tipo p, pero no pueden regresar por esta unión, de modo que se tiene un flujo unidireccional, pasando a tener el semiconductor tipo p un potencial eléctrico positivo con referencia a la zona n de potencial negativo.

Figura 34 Unión PN



Fuente: Salvador Escoda, 2017

Entonces se crea un campo eléctrico neto que va de la región de mayor potencial "P" a la de menor potencial eléctrico "N", por relaciones físicas de gradiente de potencial del campo eléctrico.

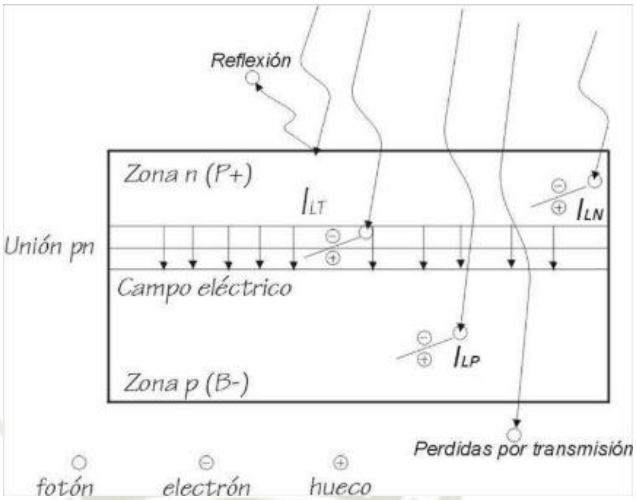
Luego, analizando el impacto de la luz incidente sobre la unión p-n (ver Figura 35). Observamos que la energía cuantizada de los fotones, debido al principio de conservación de la energía, permite el flujo de corriente continua entre los terminales p y n si se conectan a una carga o se cortocircuitan, corriente que es proporcional al nivel de irradiación incidente

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 35 Unión semiconductora PN iluminada

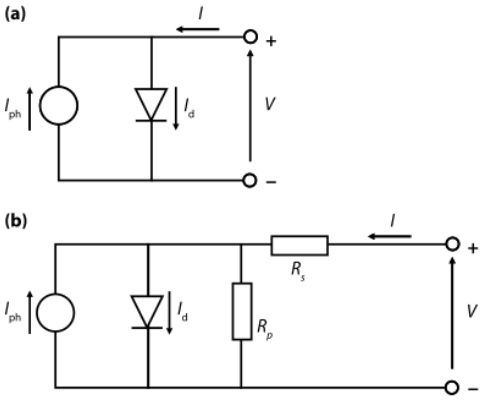


Fuente: Perpiñán Lamigueiro, 2013

2.8.2.2 Modelamiento matemático

Entonces, es posible modelar una célula solar como una fuente de corriente continua ideal al sólo aceptar el flujo unidireccional de electrones de la región p hacia n, fuente que está acoplada a un diodo (Salvador Escoda, 2017). Se observa en la Figura 36 que en (a) se tiene un modelo ideal, sin considerar la resistencia propia de los elementos semiconductores, se tiene un modelo exacto si se considera una resistencia shunt y otra en paralelo.

Figura 36 Modelos eléctricos de una célula solar fotovoltaica



Fuente: Jäger et al., 2014

Conociendo que la corriente para un elemento semiconductor (Perpiñán Lamigueiro, 2013), denotada por I_d, está dada por:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

$$I_d = I_o \cdot (e^{\frac{qV}{m \cdot \sigma \cdot T}} - 1)$$

Ec. 4 Corriente de aporte de unión pn

Donde:

I_o : Corriente de saturación del diodo (A)

V: Tensión de la célula solar (V)

q : Carga del electrón (C)

σ : Constante de Stefan-Boltzmann($5{,}67 * 10^{-4}\ \frac{W}{m^2 K}$)

T: Temperatura del diodo (K)

m: Factor de idealidad del diodo (Adimensional)

Teniendo a la corriente de saturación como una constante característica del tipo de unión semiconductora pn, se desarrolla una expresión para modelar la corriente entregada por una celda fotovoltaica, tomando en cuenta el diagrama y la convención de signos de la Figura 36(a).

$$I = I_o \cdot (e^{\frac{qV}{m \cdot \sigma \cdot T}} - 1) - I_{ph}$$

Ec. 5 Función intensidad de corriente en bornes de una célula fotovoltaica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

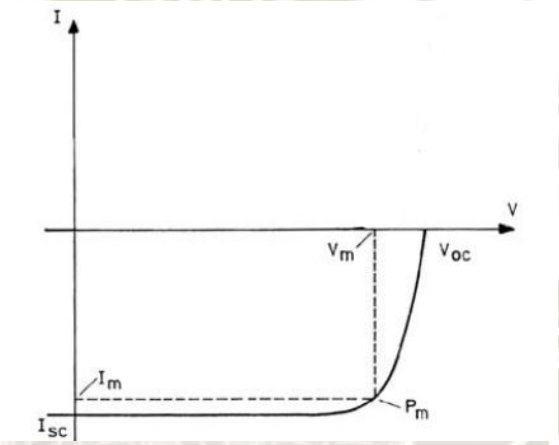
Donde:

I : Corriente en bornes de la célula (A)

I_{ph} : Componente de corriente aportada directamente de radiación fotovoltaica.

Luego, de la ecuación Ec. 5, en un gráfico I vs V, considerando además el modelo exacto que considera las resistencias shunt y en paralelo (Hoffmann & Goetzberger, 2005),se tiene el siguiente gráfico.

Figura 37 Gráfico I vs V de una célula fotovoltaica



Fuente: Hoffmann & Goetzberger, 2005

Analizando la Ec. 5, se observa que la corriente en bornes, y por ende la potencia de salida de una célula fotovoltaica, dependerá del tipo de material semiconductor usado (I_o, m), el nivel de irradiación de energía fotoeléctrica (I_{ph}) y la temperatura de operación del sistema (T). Se consideran estos tres factores claves del desempeño de una célula fotovoltaica.

De la Figura 37, se observa que existen parámetros característicos de la curva I vs V, tales como (Isc, Voc y Pm), las cuales son constantes características fundamentales para la selección de módulos fotovoltaicos.

2.8.2.3 Tipos de celdas fotovoltaicas

Como ya se analizó en la sección previa, el proceso de generación solar fotovoltaica para una célula requiere de materiales semiconductores óptimos, para llevar a cabo el proceso de absorción de energía fotovoltaica. Se han usado criterios para dividir los principales tipos de células solares en tres categorías, que según Mohammad Bagher (2016) se clasifican en:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.8.2.3.1 Células fotovoltaicas de primera generación:

Comprende las células hechas solamente de silicio cristalino, que son las células más tradicionales y comerciales a día de hoy. Su eficiencia a nivel comercial está comprendida entre 13% a 18% a nivel comercial, mientras que a nivel experimental se han alcanzado eficiencias por encima de 32,5% (Salvador Escoda, 2017), son las siguientes:

Células de silicio monocristalino:

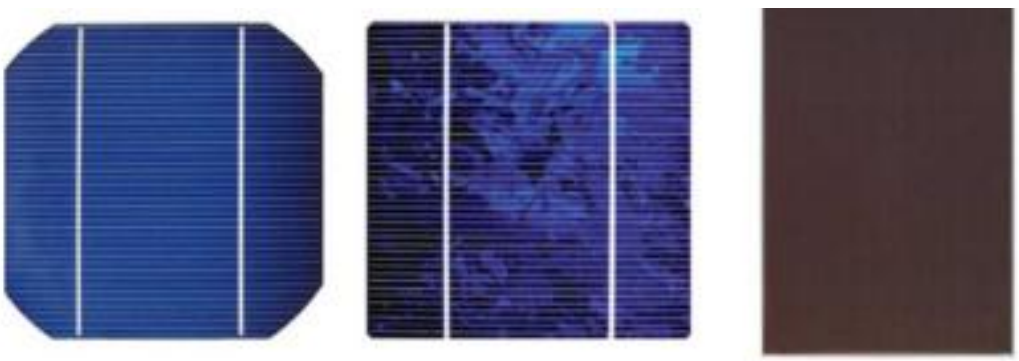
Se compone principalmente de una estructura continua cristalizada de semiconductores de silicio dopados, el silicio, siendo un material ampliamente desarrollado en esta "era del silicio" debido al auge de la electrónica, va abaratando su costo por los grandes avances desarrollados en la tecnología para procesar estos materiales. Son las células a nivel comercial más eficientes, por ello su costo es el mayor del mercado, se estima alrededor de un 10% por encima de las células de silicio policristalino (Boxwell, 2017).

Células de silicio policristalino:

Son reconocidas por su color azulado discontinuo, comercialmente alcanza eficiencias de hasta 16% (Salvador Escoda, 2017), muy cercana a las de silicio monocristalino, así también su producción es más económica que las de silicio monocristalino.

Mediante el proceso Siemens que involucra procesos de destilación volátil de descomposición de silicio, se logra conseguir silicio policristalino de alta calidad que durante el enfriamiento dan origen a varios cristales. Luego se troza en pequeñas obleas con pequeños cristales llamados cristalitas, que a diferencia de las células monocristalinas, son cristales de un largo mayor a 1 mm (Mohammad Bagher, 2016), notándose a simple vista.

Figura 38 Diferencias entre células de silicio cristalino



Fuente: Mohammad Bagher, 2016

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Esta diferencia entre los distintos tipos de celdas solares es fácil de distinguir, se observa en la Figura 38, que a la izquierda se tiene una célula de silicio monocristalino (de color azulado uniforme), al medio se muestra una de silicio policristalino (azulado discontinuo debido a las cristalitas), y a la derecha de tono opaco una de película delgada. Esta última se describe a continuación.

2.8.2.3.2 Células fotovoltaicas de segunda generación

En esta categoría encontramos a las células de película delgada o fina, originalmente se esperaba que esta tecnología se desarrolle mucho más que la de primera generación al ser inicialmente más barata, pero el auge de la tecnología del silicio abarató sus costos notablemente manteniendo el liderazgo del mercado por las células de primera generación. Esta tecnología, a excepción de las células de arseniuro de galio (Jäger et al., 2014), tiene menores eficiencias que la de primera generación. Dentro de esta tecnología destacan:

Células solares amorfas

Esta tecnología hace uso del silicio amorfo, como material semiconductor y destaca por ser la de menor costo de producción (Mohammad Bagher, 2016), debido a que esas estructuras amorfas se forman a temperaturas que oscilan entre los 75ºC.Estas células se caracterizan por ser de tonos opacos (ver Figura 38, a la derecha) y por ser delgadas debido a las pérdidas por el efecto Staebler-Wronski, esto limita la eficiencia de las células a un rango de 6% a 8% (Boxwell, 2017), lo cual significa que requerirían el doble de espacio que las células de primera generación para obtener la misma cantidad de energía.

Destacan entre sus ventajas: su flexibilidad, al tratarse de partículas delgadas se usan en dispositivos como calculadoras, cargadores portátiles, etc.; y su buen funcionamiento incluso en ambientes nublados.

Células solares de semiconductores III-V

Es la tecnología más eficiente que se ha descubierto en células fotovoltaicas, alcanzando eficiencias por encima del 40% (Salvador Escoda, 2017), debido a su alto costo de fabricación, su uso está limitado a tecnología espacial (Jäger et al., 2014) y otras aplicaciones no convencionales. Esto se consigue haciendo uso del arseniuro de galio principalmente (de ahí la denominación III y V correspondiente a los grupos de ambos elementos).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Dentro de este grupo se encuentran muchas tecnologías en desarrollo y de uso especial tales como las células multiunión, células partir de calcogenuros como las de teluro de cadmio, células orgánicas están desarrollándose últimamente alcanzándose eficiencias record superiores al 20% (Zielke et al., 2015), células fotovoltaicas de concentración solar y la tecnología de células híbridas.

2.8.2.3.3 Células fotovoltaicas de tercera generación

Incluyen cierto número de células de película fina y células que se encuentran en proceso de desarrollo experimental. Se tienen modelos experimentales que usan conversión espectral mediante iones lantánidos que pueden alterar el espectro recibido duplicando o triplicando los huecos de electrones. También destacan las células solares de banda intermedia entre otras tecnologías (Mohammad Bagher, 2016).

Sintetizando y para aplicaciones prácticas de instalaciones fotovoltaicas de esta sección, se concluye que la mejor opción tecno-económicamente factible a día de hoy es el uso de células solares de silicio policristalino, con eficiencias muy cercanas a las de silicio monocristalino, a un menor costo, a no ser que se trate de instalaciones de muy baja potencia y se cuente con amplias extensiones de terreno, donde se desempeñan mejor las de silicio amorfo (Boxwell, 2017).

2.8.3 Módulos fotovoltaicos

Un módulo solar fotovoltaico es una agrupación de células solares conectadas en serie o en paralelo, puesto que las características individuales de una sola célula no son suficientes para alimentar a un sistema a tensión y corrientes nominales.

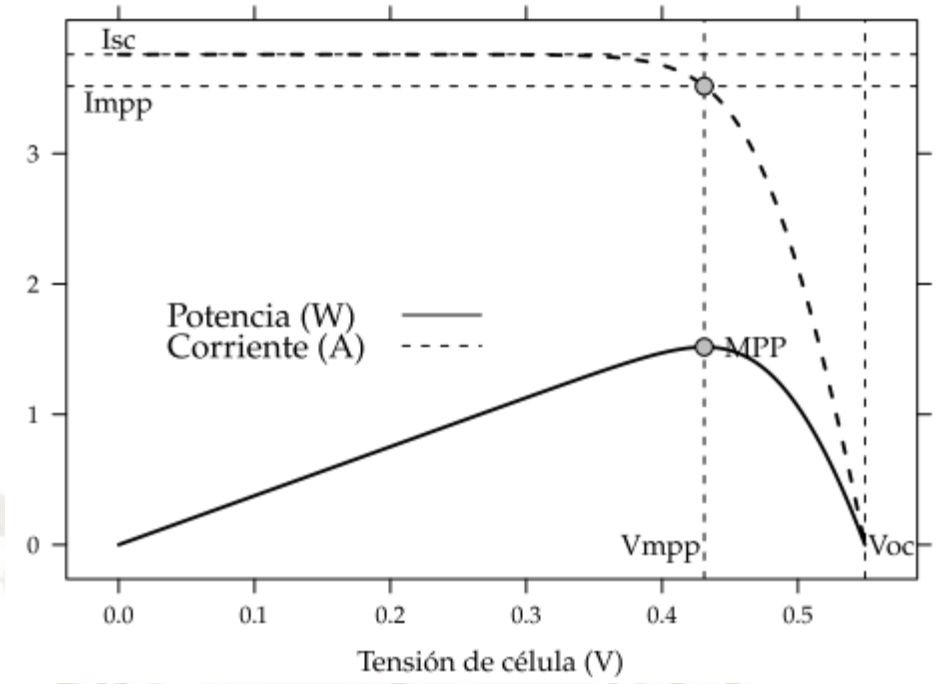
El modelo matemático resultante para una célula mostrado en la sección 2.8.2.2, graficado en la Figura 37, es estudiado en laboratorio considerando condiciones estándar: de temperatura, irradiación solar y masa de aire de: 25ºC, 1000W/m^2, y AM1,5G, respectivamente (Salvador Escoda, 2017). Considerando a la célula como un elemento activo, se tiene una gráfica I vs V invertida, graficando a la vez la potencia, que es el producto instantáneo de la potencia y la corriente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 39 Curva I vs V para una célula a condiciones estándar

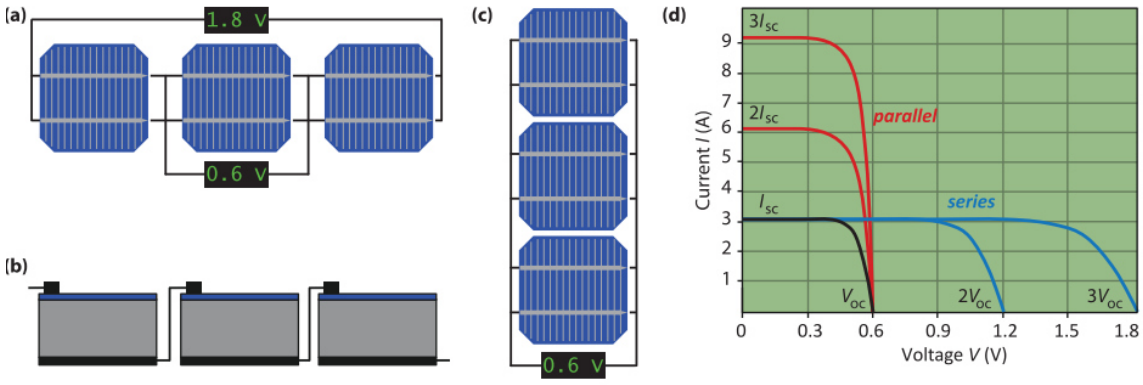


Fuente: Vazquez & Zuñiga, 2015

2.8.3.1 Interconexión de células solares

Figura 40 Asociación de curvas I vs V en serie y paralelo.

(a)En serie. (b) perfil en serie. (c) Paralelo. (d) Curvas serie, paralelo.



Fuente: Jäger et al., 2014

Para la asociación serie paralelo de células fotovoltaicas, siguiendo las leyes de Kirchhoff, como muestra la Figura 40, se superpondrán las curvas de operación en (d). En serie(a), curva azul en (d), se observa que la tensión se triplica manteniéndose la corriente;

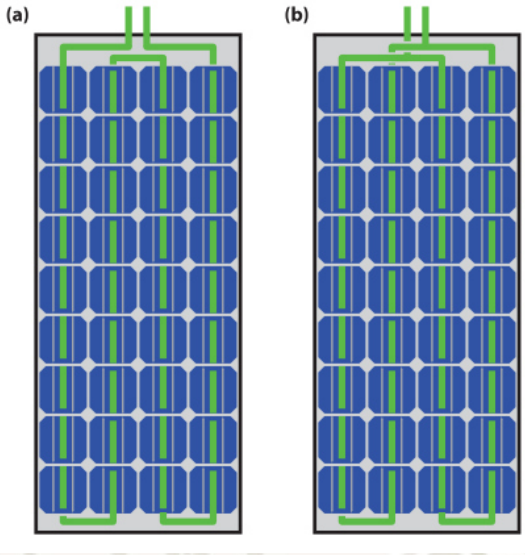
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

mientras que en paralelo (c), curva roja en (d), la tensión se mantiene constante y la corriente se triplica.

Figura 41 Asociación serie-paralelo en un módulo



Fuente: Jäger et al., 2014

La Figura 41 muestra las distintas asociaciones que se usan para conseguir esto, (a) muestra una configuración totalmente enseriada, mientras (b) muestra dos grupos un paralelo de 18 células en serie. Estos arreglos se designan mediante la notación de "m" células en serie y "n" células en paralelo, de modo que el panel (b) se denotaría 36(18x2). Los paneles modernos normalmente constan de disposiciones de 60(10x6), 72(9x8), 96(12x8).

2.8.3.2 Especificaciones técnicas de módulos fotovoltaicos

El comportamiento y la forma de la curva mostrada en la Figura 39, como se ha demostrado en la sección anterior, son los mismos que el de un módulo al superponerse las curvas. Considerando al modelo matemático tomado en la sección 2.8.2.2 y asumiendo las siguientes condiciones estándar de funcionamiento, en la figura se distinguen parámetros característicos, que según Vieira et al. (2016) son:

Tensión de circuito abierto V_{oc}

Matemáticamente, en el modelo de la Figura 36, representa la tensión producto de la corriente producida sólo por radiación solar que circula por el semiconductor p-n (diodo),

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cuando la corriente inyectada a la carga es igual a cero, es decir cuando no hay carga. Se puede obtener midiendo con un voltímetro conectado a los bornes del módulo. Esta tensión varía en función a la irradiación incidente.

Corriente de cortocircuito I_{sc}

Es la corriente máxima que circula por el módulo cuando se cortocircuitan sus bornes, del modelo en la Ec. 4, se observa que varía con la temperatura de operación del módulo. Entonces se tiene que esta variación es de alrededor de 0,05% a 0,07% por cada grado kelvin (K) para las células de silicio cristalino y de 0,02 %/K para células de silicio amorfo (Bordigoni & Gilotte, 2017), debido a esto se tiene un mejor desempeño de los módulos de silicio amorfo en días de verano que los módulos de silicio cristalino.

Eficiencia η

Solamente una parte de la irradiación incidente sobre el módulo es convertida efectivamente en energía eléctrica, esta eficiencia se da en %. Depende del tipo de célula del módulo y la tecnología de fabricación, difiere de la eficiencia de la célula porque considera el área del módulo que incluye áreas entre células, de tal manera que la eficiencia de la célula es mayor que la eficiencia del módulo.

Punto de máxima potencia (MPP)

Del inglés "Maximun Power Point", es el punto donde se tiene la mayor potencia de salida, que corresponde a una tensión y corriente que maximizan la función potencia, estas se conocen como tensión máximo pico y corriente máxima pico (Vmpp, Impp) que son menores en un factor aproximado del 90% de sus valores de circuito abierto y cortocircuito respectivamente (Hoffmann & Goetzberger, 2005). También se debe considerar que el valor de la potencia máxima Pmax se da en Wp (vatios pico), que corresponde al producto de la Vmpp y la Impp.

Factor de forma

Relaciona la potencia máxima y el producto de la tensión de circuito abierto con la corriente de cortocircuito. Está relacionado al efecto de las dos resistencias serie paralelo consideradas en el modelo exacto de la Figura 36, para células de buena calidad suele ser mayor a 0,7. Matemáticamente se tiene la siguiente ecuación que define el factor, que según Salvador Escoda (2017) es:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

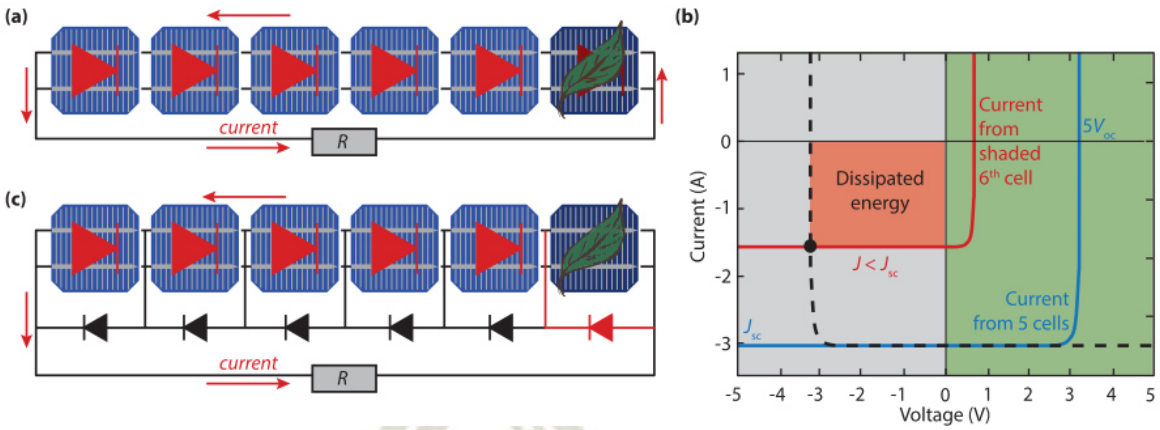
$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

Ec. 6 Factor de forma

2.8.3.3 Diodos de paso

Los efectos de un eventual sombreado de algunas células del módulo, son nefastos para el funcionamiento de un módulo. En la Figura 42 se observa en (a) un sombreado parcial debido a una hoja en una sexta célula en serie. En estas condiciones la corriente generada se disminuye al valor de la célula sombreada (curva roja en (b)), la tensión de esta célula también se limita, pero la tensión generada por las otras 5 células se mantiene obligando disipar este exceso de energía en forma de calor, degradando notablemente el desempeño del sistema.

Figura 42 Diodos de paso en sombreado parcial



Fuente: Jäger et al., 2014

La solución se muestra en (c), usando diodos de paso se dispone de un camino alternativo de la corriente en caso de eventual sombreado parcial. Nótese también que en condiciones normales de operación, los diodos de paso no alteran en nada el funcionamiento del sistema al estar inversamente polarizados.

2.8.3.4 Aspectos constructivos

En la Figura 43, se distinguen las partes principales, comenzando con la superficie exterior que es una placa de vidrio, con una alta transmitancia y resistencia mecánica, dos hojas de EVA (Etil Vinil Acetato) que proveen de aislamiento eléctrico aislando

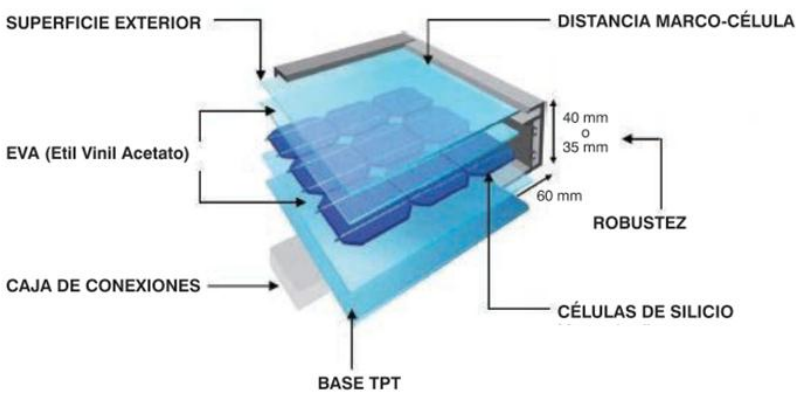
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

herméticamente el módulo de la humedad, las cajas de conexión contienen cables para interconexionado de células y los diodos de paso, la base TPT está compuesta de tedlar que provee de protección contra los rayos ultravioleta y brinda aislamiento eléctrico.

Figura 43 Partes de armado de un módulo cristalino



Fuente: Salvador Escoda, 2017

A esta estructura se le suele llamar sándwich, debe contar además con estructuras de 40mm a 35 mm entre los bordes para brindarle robustez al sistema, también debe considerarse una distancia entre las células y el marco que eviten el sombreado proveniente de los bordes.

Se prepara esta estructura a temperaturas de aproximadamente 120ºC para células cristalinas (Jäger et al., 2014), este proceso se lleva en vacío donde el encapsulante EVA, se disuelve volviéndose transparente de ser translúcido, aislándose el módulo completamente de la humedad y el aire interno, quedando libre de todo tipo de corrosión con el uso de marcos de aluminio anodizado extruido.

2.8.4 Regulador de Carga

Es un dispositivo eléctrico usado en generadores fotovoltaicos aislados, encargado de administrar la carga del generador hacia el sistema de almacenamiento de energía, evitando la sobrecarga del mismo y el deterioro de su capacidad, además provee de información sobre los niveles de carga y las condiciones de operación eléctrica (tensión, corriente , potencia, etc.) y la carga del sistema (Arenas Sanchez & Zapata Castaño, 2011), deben incluir además un seguidor de punto de máxima potencia para garantizar la eficiencia del generador.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

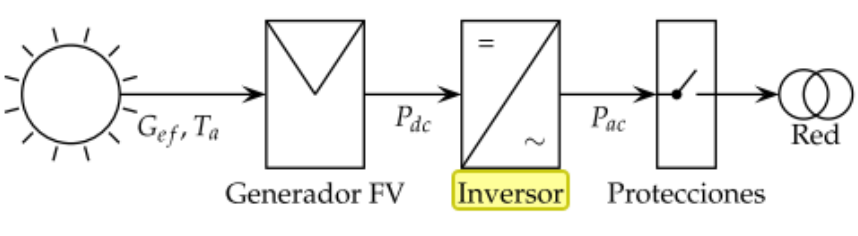
2.8.5 Sistema de Almacenamiento

Es necesario para generadores fotovoltaicos autónomos, debido a que no se dispone del recurso solar todo el día, en aplicaciones fotovoltaicas se usan baterías estacionarias, puesto que trabajan en constante carga y descarga, principalmente se usan baterías de plomo ácido, de tipo alcalino y las de ion-Litio, que se diferencian principalmente en el costo (mayor para las del tipo alcalino), el mantenimiento, mucho mayor para las de plomo ácido, y el tiempo de vida útil (mayor para las de ion litio).

2.8.6 Inversor

Son dispositivos que se utilizan para convertir la corriente continua de un generador solar en corriente alterna, varían de acuerdo a su aplicación. En un sistema aislado generan su propia curva senoidal.

Figura 44 Esquema de un generador fotovoltaico conectado a la red



Fuente: Perpiñán Lamigueiro, 2013

Los inversores usados en GD tienen un sistema de seguimiento de las características de la curva de la red, por lo que son más económicos. En este último caso deben incluir un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia para el generador fotovoltaico, puesto que no se precisa de un regulador de carga (ver Figura 44).

2.8.7 Protecciones

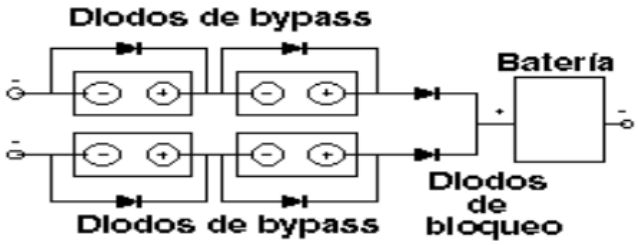
Se debe tomar en cuenta las puestas de protección de a tierra de las estructuras de los paneles, el uso de los diodos de paso para evitar las fallas por sombreado descritos en la sección 2.8.3.3, el uso de diodos de bloqueo, que por lo general se encuentran dentro del regulador de carga o el inversor en el caso de GD, cuya función es evitar el flujo de en contracorriente de un grupo generador como se muestra en la Figura 45.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 45 Esquema de diodos de paso y de bloqueo



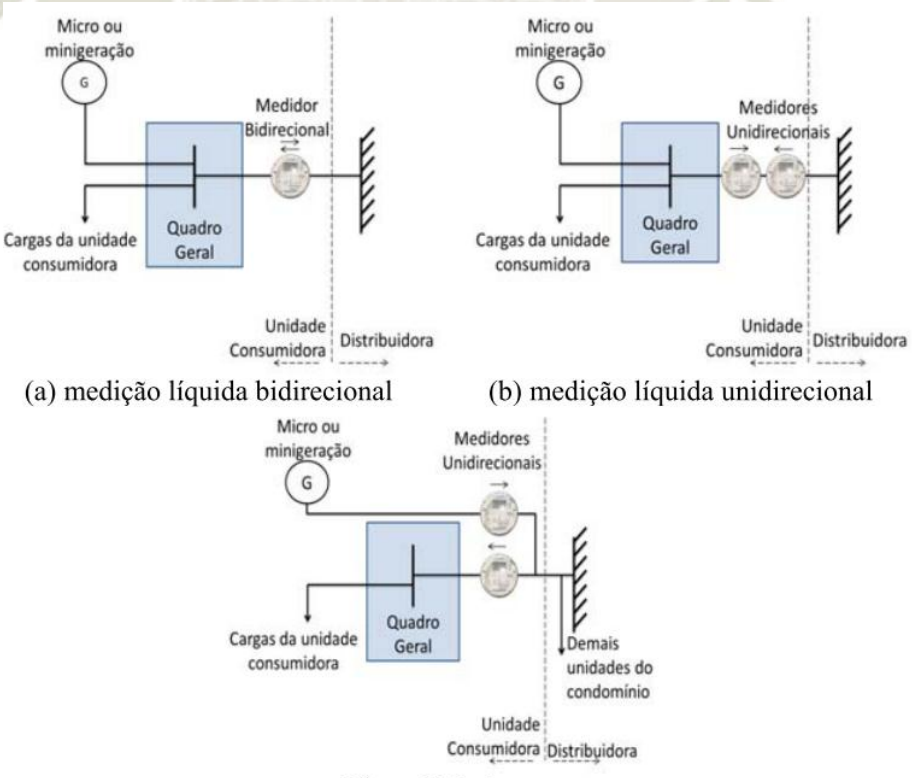
Fuente: Arenas Sanchez & Zapata Castaño, 2011

2.8.8 Cableado

Se aplicarán los criterios de capacidad de corriente y caída de tensión para su dimensionamiento, la convención de colores (Jäger et al., 2014) para los cables en corriente directa: DC (rojo para terminales positivos, negro para polos negativos, y verde para tierra), del mismo modo en AC (verde para tierra; blanco para el neutro; negro, rojo y azul para fase).

2.8.9 Sistema de medición de energía

Figura 46 Esquema de medición en GD



(a) medição líquida bidirecional (b) medição líquida unidirecional

(c) medição bruta

Fuente: Vieira et al., 2016

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

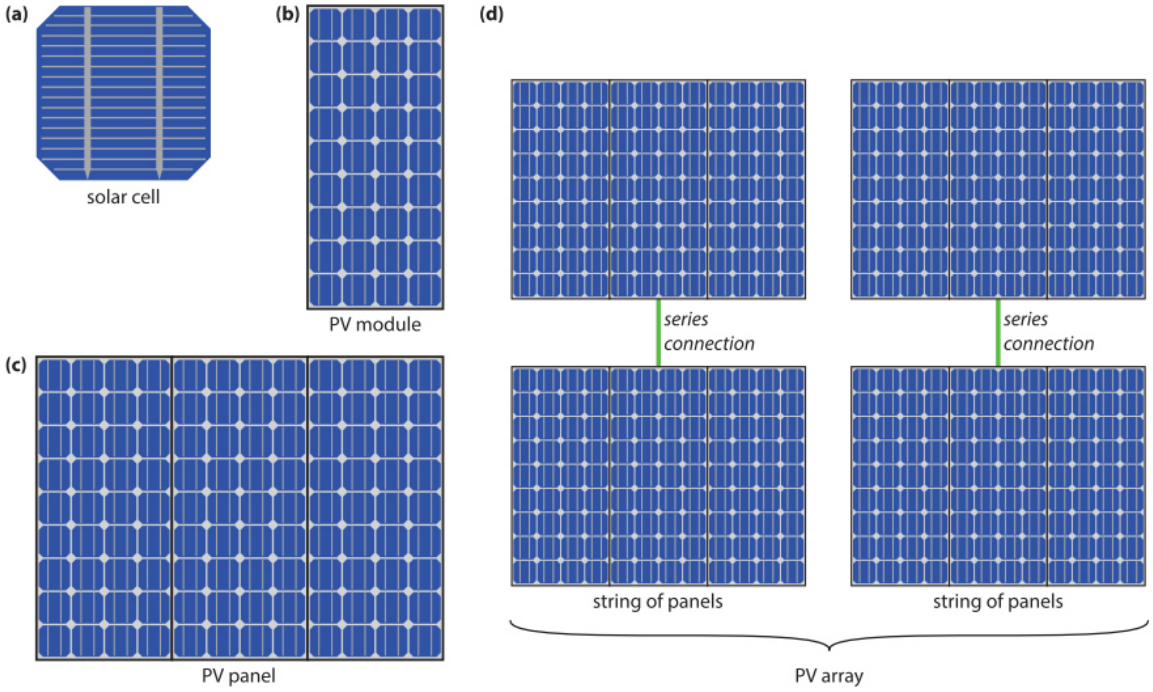
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para contabilizar la energía, la Figura 46 muestra tres tipos de medición usadas en GD, se puede optar por un solo medidor bidireccional, en (a) se muestra el registro de la energía neta consumida o inyectada, en (b) se observa que mediante dos medidores unidireccionales que provienen de un mismo cuadro se puede registrar la energía consumida y la inyectada a la red, finalmente en (c) se observa que también se podría optar por dos medidores unidireccionales, cuando el generador no posee conexión con el cuadro de cargas, para registrar el consumo y la inyección de energía.

2.9 Generador fotovoltaico

Se le denomina generador fotovoltaico al sistema compuesto por una disposición de módulos fotovoltaicos interconectados entre sí para adaptarse a la operación de un sistema determinado (Perpiñán Lamigueiro, 2013). Esto se observa en la Figura 47, se sabe que un módulo fotovoltaico es la asociación de varias células encapsuladas en un mismo marco, además un panel solar es la unión de módulos en una misma estructura de apoyo, una cadena o string consiste en la unión en serie de paneles fotovoltaicos, mientras que un array o campo consta de dos o más cadenas enseriadas conectadas en paralelo. De modo que de la figura muestra un array o campo de dos cadenas en serie.

Figura 47 Arreglos usados en un generador fotovoltaico



Fuente: Jäger et al., 2014

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estas asociaciones serie paralelo de módulos, se realizan tomando en cuenta su polaridad, para la conexión en serie se conectarán los terminales positivo y negativo uno tras de los N_s (número de módulos en serie), mientras que para el conexionado en paralelo se conectarán N_p(número de módulos en paralelo), de esta manera, según las ecuaciones de Kirchhoff podemos aproximar los parámetros de operación mediante las siguientes ecuaciones considerando que todos los módulos son de las mismas características y del mismo fabricante.

$$I_g = N_p \cdot I_m$$

Ec. 7 Corriente para un generador fotovoltaico con Np ramas en paralelo

$$V_g = N_s \cdot V_m$$

Ec. 8 Tensión para un generador fotovoltaico con Ns módulos en serie

Siendo:

I_g: Corriente del generador fotovoltaico resultante (A)

V_g : Tensión del generador fotovoltaico resultante (V)

I_g: Corriente del módulo fotovoltaico (A)

V_g : Tensión del módulo fotovoltaico (V)

Estas ecuaciones son suficientes para fines de diseño, pero si se quiere realizar un análisis más riguroso se pueden considerar las pérdidas por dispersión de parámetros (Perpiñán Lamigueiro, 2013), puesto que las características eléctricas de los módulos no son exactamente las mismas, debido a multitud de factores (por ejemplo: velocidad del viento, nubosidad, sombreado, temperatura de operación, etc.).

Se deberán tener en consideración las siguientes consideraciones de diseño, para el análisis y la implementación de cualquier sistema fotovoltaico:

2.9.1 Horas solares pico

Se define a la hora solar pico (HSP), como las hipotéticas horas a condiciones estándar que producen la misma energía diaria consumida que el sistema en su funcionamiento real

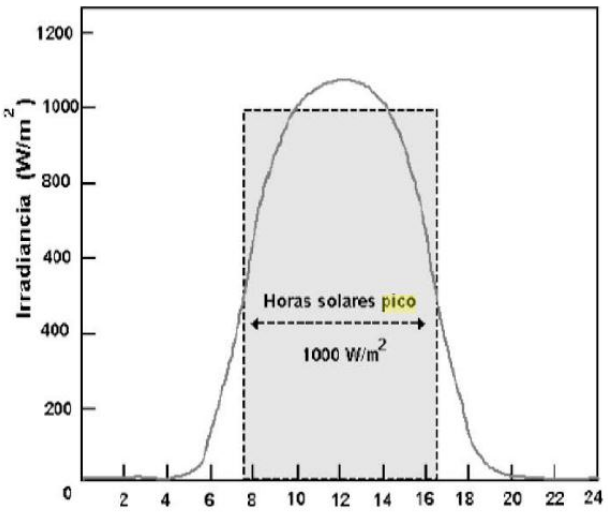
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

(Jäger et al., 2014), véase la curva de la Figura 48, se estiman para determinar fácilmente la energía producida por un generador fotovoltaico.

Figura 48 Horas solares pico



Fuente: Miguel Pareja Aparicio, 2010

Al tratarse de un parámetro meteorológico, estas horas solares varían notablemente con la estación del año y la ubicación del sistema (Miguel Pareja Aparicio, 2010), de modo que se puede hacer un análisis mensual de acuerdo a la estación (por ejemplo si el sistema está diseñado para una instalación que se usará en verano), o se puede evaluar mediante un promedio anual.

2.9.2 Inclinación y orientación óptima

La orientación óptima de un panel fotovoltaico estará dada por su ángulo azimutal (Am) y la elevación (θ_M) mostradas en la Figura 49, al tratarse por lo general con estructuras fijas se tiene el mejor aprovechamiento solar orientando los paneles en dirección norte para el hemisferio sur, aunque se admite una desviación de 10 a 15 grados pues no reduciría notablemente la irradiación efectiva, en cuanto a su elevación se puede maximizar anualmente mediante la siguiente expresión (Hoffmann & Goetzberger, 2005; Salvador Escoda, 2017).

$$\theta_M = \lambda \pm 10°$$

Ec. 9 Ángulo óptimo de elevación de un panel

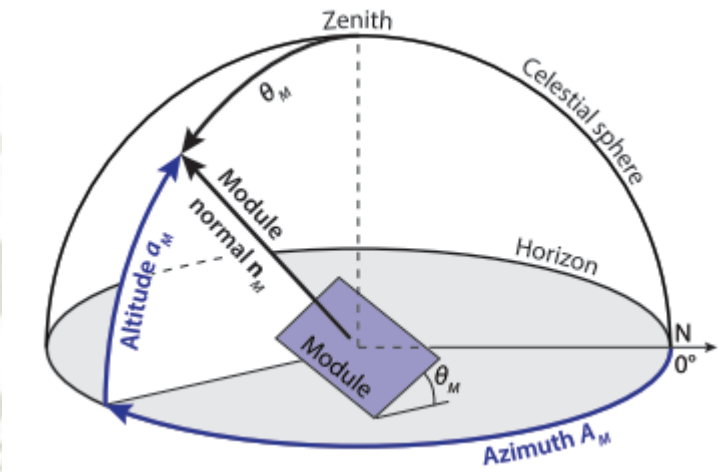
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Entonces, conociendo la latitud se puede tener un valor de inclinación, el Azimut orientado hacia el norte y la expresión son las opciones más óptimas en el hemisferio sur del planeta, la orientación será inversa en el hemisferio norte.

Figura 49 Ángulos de orientación de un panel solar



Fuente: Jäger et al., 2014

2.9.3 Distancias de sombreado

Se ha de evitar al máximo obstáculos cercanos en el momento de la instalación, se debe considerar además una distancia "d" mínima de separación entre paneles mostrada en la Figura 50. Usando la siguiente relación se puede establecer dicha distancia, conforme a Salvador Escoda (2017) se tiene siguiente expresión:

$$d = \frac{h}{\tan(H)} \cdot \cos(Am)$$

Ec. 10 Distancia lateral mínima admisible entre paneles

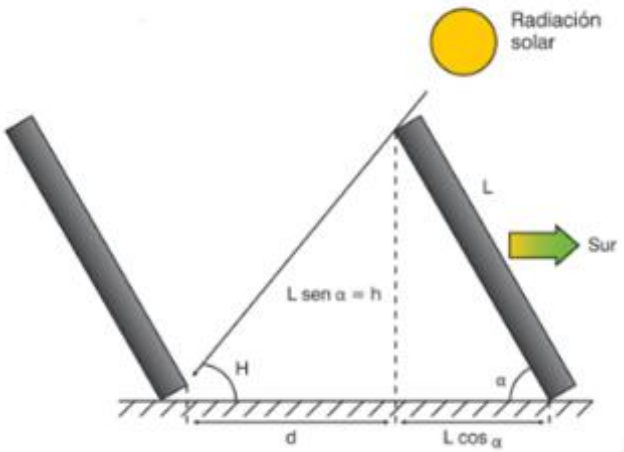
Donde H es la altura y Am es el azimut solar, ambos evaluados en el mes más desfavorable.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

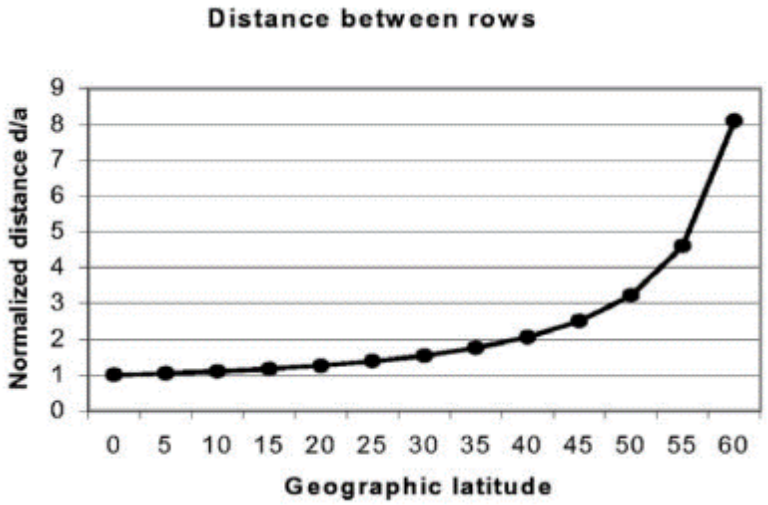
Figura 50 Variables geométricas en el cálculo de sombras y distancias



Fuente: Salvador Escoda, 2017

Es posible evaluar también la distancia mediante gráficos experimentales, donde se evalúa una relación entre la longitud del panel "a" (ver Figura 51), y la distancia entre paneles "d", de acuerdo a la latitud donde se encuentra el sistema.

Figura 51 Relación d/a máxima admisible entre filas de paneles



Fuente: Hoffmann & Goetzberger, 2005

2.9.4 Cargas mecánicas en paneles

Los paneles estarán sometidos a cargas de viento principalmente, por lo que se tendrá que considerar la fuerza debido a la velocidad del viento, se conoce que está en función al cuadrado de la velocidad, matemáticamente Salvador Escoda (2017) plantea la relación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$P = 0{,}61 \cdot v^2$$

Ec. 11 Carga de viento por unidad de área

Donde:

P: Carga de Viento ($^{N}/_{m^2}$)

v: Velocidad del viento (m/s)

Está fuerza actuarán críticamente sobre los paneles en dirección sur-norte, por lo que descomponiendo esta componente se tendrá en función al área de los paneles y su inclinación:

$$F_v = P \cdot S \cdot sen^2\theta_M$$

Ec. 12 Carga de viento efectiva sobre un panel

Donde:

F_v: Fuerza efectiva horizontal del viento sobre un panel (N)

S: Área superficial del panel (m^2)

2.10 Generación distribuida

No existe un consenso que defina exactamente a la GD, pero se entiende por GD a la generación en micro, mediana o macro generación usando fuentes de energía convencionales o no convencionales, conectada a la red de distribución supliendo la carga interna e inyectando excedentes a esta (Grisales et al., 2017).

Figura 52 Esquema de sistema eléctrico centralizado



Fuente: Vezzoli et al., 2018

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Un sistema de GD es lo opuesto a un sistema eléctrico centralizado (Smil, 2019), como el que se tiene en el Perú que consta básicamente de: grandes generadoras, líneas de transmisión y distribución para su utilización en instalaciones interiores domésticas comerciales o industriales (ver Figura 52).

Figura 53 Esquema de sistema eléctrico de GD descentralizado



Fuente: Vezzoli et al., 2018

De modo que un sistema de GD descentralizado eficiente ya no necesita largas líneas de transporte, hace uso de recursos renovables, aumenta la confiabilidad y la autonomía de los usuarios, ver Figura 53.

2.10.1 Desarrollo urbano con la GD

Según Fraga de Cal y Fraga López (2014), en su estudio para satisfacer la demanda de urbanizaciones del Reino unido con la GD, determinaron que las energías renovables deben utilizarse en la medida de lo posible para para tener mayor eficacia que el funcionamiento en "modo isla", es decir con un solo generador térmico, para lo cual se requerirá de un sistema sofisticado de control donde primarán principalmente los recursos de energía solar y eólica

2.10.2 Redes inteligentes con inserción de energía renovable

Dentro del contexto de generación distribuida como sistema emergente que resulta factible con diferentes recursos de energía renovable, principalmente la solar fotovoltaica y la eólica, se tiene que por su inestabilidad, su inserción afectará la red eléctrica principalmente con "fluctuaciones de voltaje, cambios de corriente y frecuencia" (Colmenar Santos et al., 2015). Por lo que una red inteligente o "smart grid", deberá contar con un sistema de toma de decisiones, sensores, comunicaciones y manejo eficaz de las redes de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

distribución eléctrica para que pueda ser factible la inserción de generadores de energía renovable en el sistema eléctrico de distribución.

2.10.3 Viabilidad de sistemas eléctricos de GD

Para poder evaluar la viabilidad económica de la GD en las redes de distribución, según López Valdivia (2010) se deberán abordar los siguientes aspectos:

-Evaluar el impacto y los beneficios en la red local de distribución

-Desarrollar las funciones de optimización de generación eléctrica y energética.

- Desarrollar algoritmos de acuerdo a la ubicación y tamaño de la GD referidas a la rentabilidad económica desde la perspectiva de los inversores interesados.

- Realizar simulaciones numéricas de acuerdo a la topología de las redes de prueba, aplicando el método de simulación más robusto.

2.11 Análisis de flujos de potencia

Un análisis de flujo de potencia trata básicamente de encontrar la potencia consumida, las tensiones y el desfase en todos los elementos de un sistema eléctrico de potencia; líneas de transmisión, transformadores, reactores , capacitores, generadores, motores, elementos de protección y maniobra (Exposito et al., 2003).

De modo que se busca con este análisis garantizar la estabilidad de todos los componentes de una red, en el caso de una red de distribución donde se desea incorporar GD con paneles fotovoltaicos se tiene mejoras en la estabilidad de la tensión debido a la compensación de la potencia reactiva de los sistemas fotovoltaicos (Munkhchuluun & Meegahapola, 2018), lo cual resulta muy favorable.

Antes del desarrollo de los procesadores digitales, se tenía que recurrir al cálculo eléctrico manual para el análisis de un sistema eléctrico, al día de hoy estos cálculos son obsoletos pues toman mucho tiempo, en su lugar se hace uso de métodos iterativos modelados en algún software para analizar cualquier sistema eléctrico, que son capaces de analizar redes en sistema estable, transitorio, de falla, entre otros (Kothari & Nagrath, 2011). Para ello se hace uso de valores en por unidad de las magnitudes eléctricas fundamentales y constantes características de los componentes de un sistema de potencia que se definen a continuación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.11.1 Modelamiento de sistemas eléctricos de potencia

Siendo el análisis de flujo de potencia una de las herramienta más importante para el estudio de un sistema eléctrico, es necesario modelar los elementos componentes del sistema para solucionar ecuaciones iterativas empleados en métodos de solución (Raj & Kumar, 2019), para lo cual se definen los siguientes conceptos:

2.11.1.1 Valores en por unidad (p.u.)

Se definen como una magnitud eléctrica adimensional (Exposito et al., 2003), relativa a un valor base como se expresa a continuación:

$$Valor_{p.u.} = \frac{Valor_{variable}}{Valor_{base}}$$

Ec. 13 Valor en por unidad

Principalmente estos valores base son la tensión, corriente, e impedancia, $V_B, I_B, , Z_B$ respectivamente, que están referidos a un cierto nivel de tensión, pero la potencia base (S_B) se mantiene igual para todas las tensiones, esto se hace para eliminar la relación de transformación del modelo en por unidad (p.u.) y poder analizar el flujo de potencia como si se tratase de un sistema equilibrado a un mismo nivel de tensión. Luego, desarrollando relaciones básicas de potencia, impedancia y corriente se tienen las siguientes expresiones formuladas por Saadat (1999).

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3}}$$

Ec. 14 Corriente base

$$Z_B = \frac{(V_B)^2}{S_B}$$

Ec. 15 Impedancia base

Con estos valores definidos es posible calcular los valores en p.u. usando la Ec. 13, se tiene:

$$I_{p.u.} = \frac{I_{sistema}}{I_B}$$

Ec. 16 Corriente en p.u.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Z_{p.u} = \frac{Z_{componente}}{Z_B}$$

Ec. 17 Impedancia en p.u.

La impedancia de los elementos tales como transformadores, motores y generadores suele estar dada por los fabricantes como valores en por unidad respecto a los valores de placa del equipo, que tendrán que ser corregidos para los valores base del sistema al ponerlos en operación, para ello se tiene una relación de cambio de base (Kothari & Nagrath, 2011).

$$Z_{p.u(nuevo)} = Z_{p.u(placa)*} \frac{\left(V_{B(placa)}\right)^2}{\left(V_{B(nuevo)}\right)^2} * \frac{S_{B(nuevo)}}{S_{B(placa)}}$$

Ec. 18 Impedancia corregida para cambio de base

Donde:

$Z_{p.u(nuevo)}$: Impedancia corregida (p.u.)

$Z_{p.u(nuevo)}$: Impedancia de placa del componente (p.u.)

$V_{B(placa)}$: Tensión nominal del componente (kV)

$V_{B(nuevo)}$: Tensión nominal base del sistema eléctrico (kV)

$S_{B(placa)}$: Potencia aparente de placa del componente (MVA)

$S_{B(nuevo)}$: Potencia aparente base del sistema (MVA)

2.11.1.2 Formulación matemática

Se hace uso de las leyes de Kirchhoff , que para cualquier nudo se establece que la corriente neta es igual a cero, que incorporando la inversa de la impedancia entre nudos, es decir la admitancia, se tiene según la expresión formulada por Exposito et al. (2003) que:

$$I_i = \sum_{i=1}^{n} Y_{ij} * V_j$$

Ec. 19 Corriente neta inyectada para "n" nudos

Siendo:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

V_j: Fasor tensión en el nudo j

I_i: Fasor corriente inyectada en el nudo i

Y_{ij} : Admitancia entre los nudos i,j, de la Matriz admitancia

Dicha corriente está relacionada con una potencia inyectada por la siguiente relación:

$$S_i = S_{Gi} - S_{Ci} = V_i * I_i^*$$

Ec. 20 Potencia compleja inyectada neta

Donde:

S_{Gi} : Potencia compleja generada

S_{Ci}: Potencia compleja consumida

Dividiendo el elemento admitancia de la Ec. 19 en su parte conductiva (G) y susceptiva (B), tenemos:

$$Y_{ij} = G_{ij} + jB_{ij}$$

Ec. 21 Admitancia del elemento i-j de la matriz admitancia

Combinando las ecuaciones (Ec. 19, Ec. 20 y Ec. 21) resulta que para un sistema de n nudos, se tendrán las expresiones formuladas por Saadat (1999), como sumatorias.

$P_i + jQ_i = V_i \sum_{i=1}^{n} (G_{ij} + jB_{ij}) \cdot V_j$ i=1,2,…,n

Ec. 22 Potencia compleja en la iésima barra

Separando las partes real e imaginaria se tiene el sistema ecuaciones para la potencia activa y reactiva (incluyendo el desfase θ_i de cada tensión de barra $V_i = |V_i| \angle \theta_i$) Se tienen las siguientes ecuaciones:

$P_i = V_i \sum_{i=1}^{n} V_j (G_{ij} cos\theta_{ij} + B_{ij} sen\theta_{ij})$ i=1,2,…,n

Ec. 23 Potencia activa inyectada en la iésima barra

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Q_i = V_i \sum_{i=1}^{n} V_j (G_{ij} sen\theta_{ij} - B_{ij} cos\theta_{ij}) \qquad i=1,2,\ldots,n$$

Ec. 24 Potencia reactiva inyectada en la iésima barra

Siendo $\theta_{ij} = \theta_i - \theta_j$, el desfasaje entre ambas barras.

Se observa entonces que para cada iésima barra se cuenta con 2 ecuaciones no lineales, conociendo las admitancias características G_{ij}, B_{ij} de las impedancias de elementos motores, generadores, transmisores, transformadores, etc.; y siendo 4 las variables a solucionar $(P_i, Q_i, \theta_i, V_i)$, es necesario definir 2 valores para hallar la solución del sistema. Por lo que se hace mención a los siguientes tipos de barras que tienen los 2 valores requeridos para la solución del sistema (Kothari & Nagrath, 2011).

Barras de voltaje controlado: Se les conoce también como barras PV o de generación, para este tipo de barra son conocidas: la potencia P_i y la tensión V_i, pero se desconoce la potencia reactiva Q_i y el ángulo de desfase θ_i. De modo que matemáticamente se tiene:

$$P_i^{esp} = P_{Gi}^{esp} - P_{Ci}^{esp}$$

$$V_i = V_i^{esp}$$

La potencia especificada representa la potencia neta inyectada al ser la diferencia entre la potencia generada menos la consumida.

Barras de carga: También se les conoce como barras PQ. En este tipo de barra se conocen la potencia activa y reactiva P_i yQ_i, pero no se conoce la tensión V_i ni el ángulo de desfase θ_i. Matemáticamente se tiene:

$$P_i^{esp} = -P_{Ci}^{esp}$$

Ec. 25 Potencia activa de una barra PV

$$Q_i^{esp} = -Q_{Ci}^{esp}$$

Ec. 26 Potencia reactiva de una barra PV

Nótese que el signo negativo representa una inyección de potencia negativa, es decir consumo y el subíndice C significa carga.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Barra de referencia: También se le conoce como barra oscilante o barra slack donde se desconoce la potencia activa y reactiva inyectada P_i yQ_i, pero se conoce la tensión V_i, y el ángulo de desfase θ_i(normalmente fijado con un valor $\theta_i = 0°$)

Así que se reduce el sistema a "2n-1" incógnitas por haber fijado el ángulo de la barra de referencia, y siendo Q_i función de la tensión en las barras PV se reducen las incógnitas a:

"2n-n_g-1", siendo n el número de barras, y n_g el número de barras de generación.

Finalmente, se tendrá el siguiente sistema formulado por Exposito et al.(2003).

$$P_i^{esp} - V_i \sum_{i=1}^{n} V_j(G_{ij}cos\theta_{ij} + B_{ij}sen\theta_{ij}) = 0 \qquad i=1,2,\ldots,n-1$$

Ec. 27 Ecuaciones de potencia activa en un sistema de n barras

$$Q_i^{esp} - V_i \sum_{i=1}^{n} V_j(G_{ij}sen\theta_{ij} - B_{ij}cos\theta_{ij}) = 0 \qquad i=1,2,\ldots,n-n_g$$

Ec. 28 Ecuaciones de potencia reactiva en un sistema de n barras

Donde se tienen como incógnitas los ángulos de fase θ_i ($i = 1,2,\ldots,n-1$), y los módulos de las tensiones V_i($i = 1,2,\ldots,n-n_g$).

Entonces, la solución de cualquier sistema de potencia está dado por las ecuaciones: Ec. 27 y la Ec. 28. Siendo un sistema no lineal su solución es muy complicada por métodos analíticos, por lo que se recurre a los métodos iterativos donde se fija un valor inicial y se converge a los valores reales de las incógnitas (Agundis Tinajero et al., 2019).

2.11.2 Métodos de solución de sistemas de flujos de potencia

El cálculo de flujo de potencia es fundamental para la operación, planeamiento y la optimización de los sistemas modernos de potencia, de modo que se requiere de algoritmos eficientes para su solución. Los métodos más usados para su solución sólo incluyen métodos iterativos computacionales principalmente: Método Newton modificado, método Z_{barra} Gaussiano, de barrido y de Solución directa (K. Liu et al., 2019), que se basan fundamentalmente en métodos clásicos que se describen a continuación:

2.11.2.1 Método Gauss-Seidel

Este método usa las forma compleja de las ecuaciones, usando la siguiente iteración matemática formulada por Exposito et al.(2003):

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$V_i^{k+1} = \frac{1}{Y_{ii}}\left[\frac{P_i^{esp} - jQ_i^{esp}}{V_i^{k^*}} - \sum_{i=1}^{n} Y_{ij} * V_j^{k+1} - \sum_{i=1}^{n} Y_{ij} * V_j^{k}\right] \quad \text{i=1,2,…,n,n-1}$$

Ec. 29 Ecuación recursiva Gauss-Seidel

Iterando los valores se detiene hasta que el error se reduzca hasta un valor inferior al error ε aceptable:

$$máx_i\left|V_i^{k+1} - V_i^{k}\right| \leq \varepsilon$$

Ec. 30 Error de convergencia Gauss-Siedel

Esta convergencia da resultados poco confiables, por lo que se mejora la iteración usando un factor de aceleración α óptimo (ver la Ec. 31), el factor toma valores de 1,3 a 1,7 (Saadat, 1999).

$$V_{i\,acel}^{k+1} = V_i^{k} + \alpha(V_i^{k+1} - V_i^{k})$$

Ec. 31 Iteración de barra incluyendo factor de aceleración

Para el caso de barras de voltaje controlado, se tendrá que sustituir Q_i^{esp} por el valor más próximo previo y también se deberá corregir la tensión de barra resultante con la expresión:

$$V_{i\,corr}^{k+1} = |V_i^{esp}| * \frac{V_i^{k+1}}{|V_i^{k+1}|}$$

Ec. 32 Tensión Gauss-Siedel en un barra PV corregida

2.11.2.2 Método Newton Rapson

Haciendo linealizaciones sucesivas de la forma f(x)=0, se buscan las funciones a iterar, dadas por las ecuaciones: Ec. 27 y la Ec. 28.

Haciendo la diferencia entre valores calculados y especificados, según Exposito et al.(2003) se tiene:

$$\Delta P_i = P_i^{esp} - V_i \sum_{j=1}^{n} V_j(G_{ij}cos\theta_{ij} + B_{ij}sen\theta_{ij}) \qquad \text{i=1,2,…,n-1}$$

Ec. 33 Función potencia activa linealizada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\Delta Q_i = Q_i^{esp} - V_i \sum_{j=1}^{n} V_j (G_{ij} sen\theta_{ij} - B_{ij} cos\theta_{ij}) \qquad i=1,2,\ldots,n-n_g$$

Ec. 34 Función potencia reactiva linealizada

Luego para cada iteración se tendrá que resolver el siguiente sistema lineal:

$$\begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix}^k \begin{bmatrix} \Delta\theta \\ \Delta V/V \end{bmatrix}^k = \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}^k$$

Ec. 35 Matriz lineal de iteraciones Newton Rapson

De modo que los valores se corregirán con cada iteración con la siguiente expresión matricial:

$$\begin{bmatrix} \theta \\ V \end{bmatrix}^{k+1} = \begin{bmatrix} \theta \\ V \end{bmatrix}^k + \begin{bmatrix} \Delta\theta \\ \Delta V \end{bmatrix}^k$$

Ec. 36 Valores corregidos para k iteraciones de Newton Rapson

Los términos (H, M, N, L), descritos en la Ec. 35, forman la matriz llamada jacobiano, cuyos elementos se definen a continuación:

$$H_{ij} = \frac{\partial P_i}{\partial \theta_j}; \quad M_{ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial \theta_j}; \quad N_{ij} = V_j \frac{\partial P_i}{\partial V_j}; \quad L_{ij} = V_j \frac{\partial Q_i}{\partial V_j}$$

Ec. 37 Elementos H, M, N y J del Jacobiano

Tabla 1 Elementos del Jacobiano usado en Newton Rapson

Para i=j	$H_{ii} = -Q_i - B_{ii}V_i^2$	$N_{ii} = P_i + G_{ii}V_i^2$
	$M_{ii} = P_i - G_{ii}V_i^2$	$L_{ii} = Q_i - B_{ii}V_i^2$
Para i≠j	$H_{ij} = V_iV_j(G_{ij}sen\theta_{ij} - B_{ij}cos\theta_{ij})$	$N_{ij} = V_iV_j(G_{ij}cos\theta_{ij} + B_{ij}sen\theta_{ij})$
	$M_{ij} = -N_{ij}$	$L_{ij} = H_{ij}$

Fuente: Exposito et al., 2003

Sus valores desarrollados se muestran en la Tabla 1.

Las iteraciones usando la Ec. 35, tendrán fin cuando los términos; ΔP, ΔQ sean menores que un error admisible (ε).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.11.3 Software ETAP de análisis y diseño de sistemas eléctricos

ETAP provee de software de análisis, monitoreo, simulación control y automatización para sistemas eléctricos de potencia, de entorno sencillo y con alrededor de 30 años es líder en el mercado de software de sistemas eléctricos ("About Us ETAP", 2019).

Figura 54 Software ETAP de sistemas de potencia



Fuente: ETAP, 2019

Para evaluar el impacto de la GD en las redes de distribución se han realizado simulaciones usando el software ETAP, y se concluye que se reducen notablemente las fluctuaciones de inestabilidad, pérdidas de potencia y económicas (Castillo et al., 2016).

2.11.4 Análisis de flujo de carga usando ETAP

Hace uso del método Newton Rapson por defecto, aunque también permite evaluar usando Gauss Seidel. Ofrece resultados muy confiables, puede calcular las tensiones, desfases de, potencias y corrientes a través de cualquier elemento del sistema ("Load Flow Software ETAP", 2019). Además permite evaluar distintos escenarios, configuraciones y conexionado de redes.

También permite evaluar escenarios de fallas asimétricas, evaluar alternativas de solución, corrección de condiciones de operación entre un sinfín de otras herramientas muy útiles.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

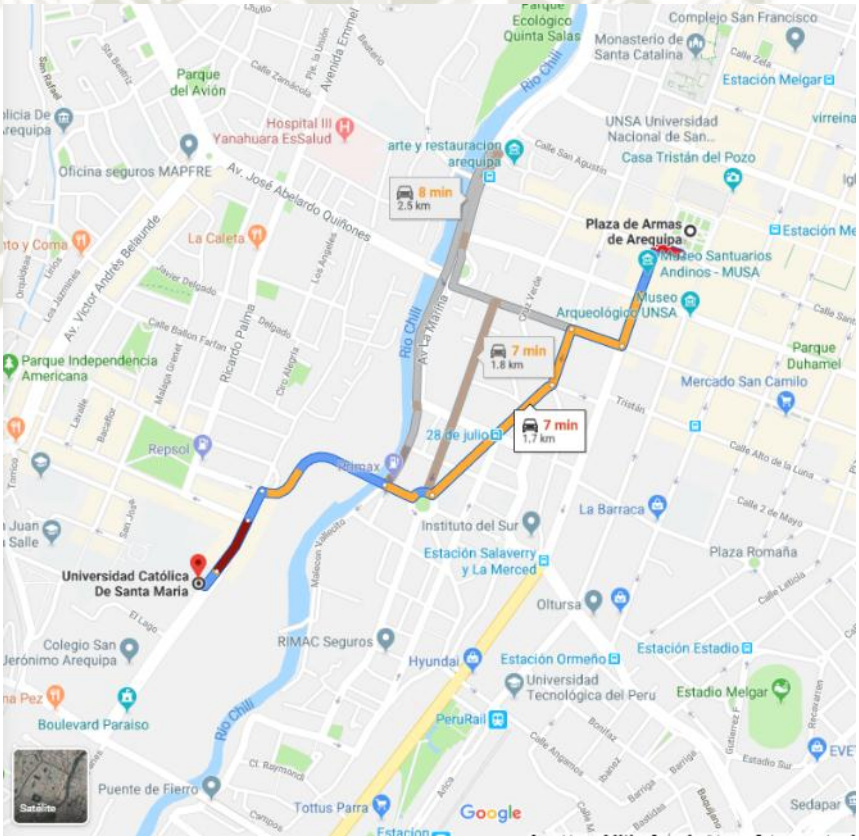
CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

3.1 Ubicación del proyecto

La Universidad Católica de Santa María está ubicada en la Urb. San José s/n, del distrito de Yanahuara, en la provincia y departamento de Arequipa, Perú. A siete minutos de la plaza de armas de Arequipa, el proyecto tendrá lugar en su sede principal en Umacollo, que cuenta con una extensión de 75000 m^2 (UCSM, 2016), tal área se encuentra delimitada en líneas azules como muestra la Figura 56.

Figura 55 Ubicación de la UCSM



Fuente: Google Maps, 2019

Usando la herramienta de Google Maps, se tienen los valores en grados, de la ubicación geográfica, que se tendrá en cuenta para fines de estimación del recurso solar y disposición geométrica de los paneles, siendo:

Latitud: -16,405525º

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Longitud: -71,548966º

Figura 56 Vista satelital de la UCSM



Fuente: Google Maps, 2019

3.2 Evaluación de la irradiación solar incidente

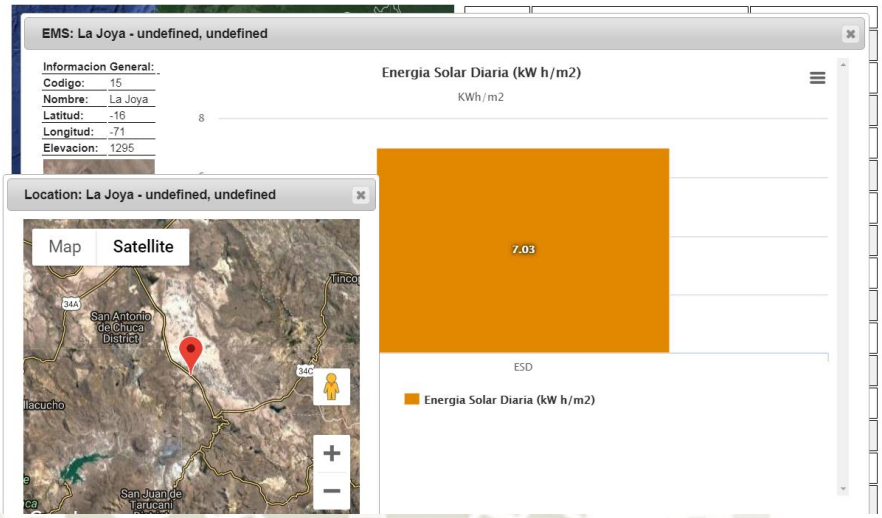
3.2.1 Irradiación solar anual

Como se vio en el apartado 2.6.2.3, haciendo uso de la calculadora solar del Atlas Solar global, se estima la irradiación incidente usando las coordenadas geográficas del presente proyecto, dando como resultado una irradiación promedio anual de 6,816 kWh/m^2 (ver Figura 58), dado para una superficie horizontal, es decir a una elevación de 0º.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 57 Irradiación real medida en La Joya



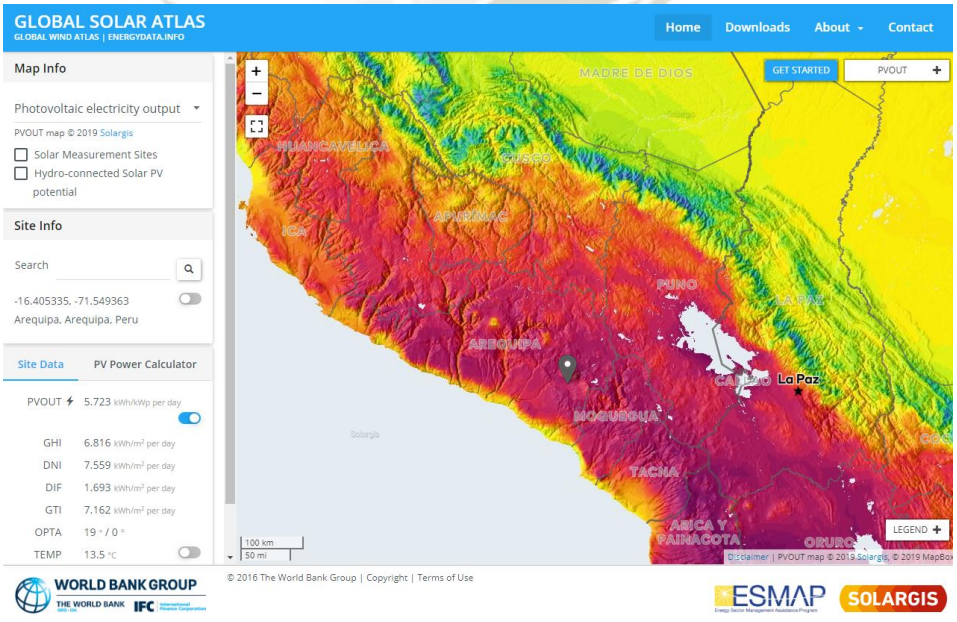
Fuente: SENAMHI, 2019

Dicho resultado que se aproxima bastante al resultado real dado por una estación meteorológica ubicada en La Joya que proporciona una medida muy similar de 7,01kWh/m^2 (SENAMHI, 2019), en las coordenadas:

Latitud: -16,00º

Longitud: -71,00º

Figura 58 Irradiación solar en la UCSM



Fuente: WORLD BANK GROUP, 2019

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

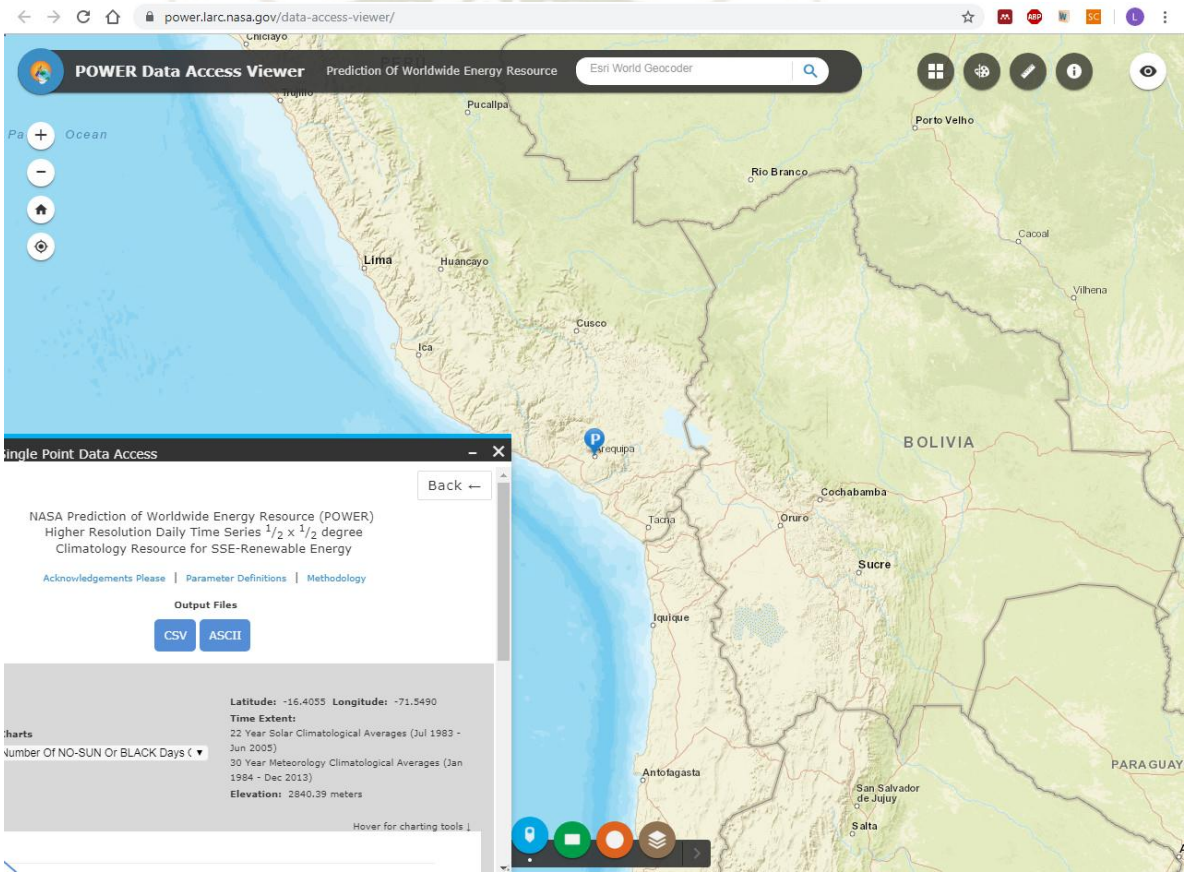
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por lo que se tendrán en cuenta los datos de irradiación dados por Atlas Solar global para fines de cálculo y dimensionado del sistema fotovoltaico en cuestión.

3.2.2 Irradiación solar mensual

Existe una base de datos ofrecida por la NASA, de irradiación que proporciona una estimación mensual muy confiable, es un proyecto iniciado para proveer de información necesaria para el diseño de sistemas de energía renovable, edificios autosustentables y agro climatología (Rosenzweig et al., 2014).

Figura 59 Navegador de datos de Energía Solar de la NASA



Fuente: NASA, 2019

Dicha base de datos ofrece un análisis de información durante 30 años, ingresando las coordenadas del lugar, que cuenta con reportes mensuales de irradiación promedio máxima, mínima a distintos ángulos de elevación, optimizando el ángulo de superficie para obtener la mayor irradiancia promedio. Para fines de diseño del sistema se hará uso de su reporte en el caso de mínima irradiancia, para garantizar así el abastecimiento eléctrico del sistema, este se detalla en la Tabla 2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 2 Irradiación mensual minima estimada para la UCSM

PARAMETRO	EN	FEB	MA	ABR	MA	JUN	JUL	AG	SET	OCT	NV	DIC	PRM
Irradiación 0°	4.68	4.87	5.41	4.52	4.15	3.72	4.05	4.56	5.08	6.09	6.44	6.36	4.99
Irradiación 1°	4.69	4.87	5.42	4.55	4.19	3.77	4.09	4.59	5.1	6.1	6.45	6.38	5.02
Irradiación 16°	4.67	4.74	5.48	4.82	4.68	4.29	4.64	4.99	5.25	5.99	6.42	6.47	5.2
Irradiación 31°	4.45	4.41	5.27	4.84	4.92	4.6	4.95	5.12	5.15	5.59	6.08	6.25	5.14
Irradiación 90°	2.14	1.82	2.38	2.86	3.47	3.51	3.68	3.29	2.63	2	2.4	2.98	2.76
Irradiación óptima	4.71	4.87	5.49	4.86	4.94	4.67	5.01	5.12	5.25	6.1	6.48	6.48	5.33
Elevación óptima (°)	7	0	-12	-25	-38	-43	-41	-31	-17	-3	7	13	-15
Orientación	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	N

Fuente: NASA, 2019

Nota: Los ángulos negativos de elevación indican una orientación hacia el norte, Irradiación mensual dada en ($kWh/m^2 \cdot dia$).

3.2.3 Orientación óptima

La orientación y geometría de los módulos fotovoltaicos estarán determinadas por los siguientes ángulos:

3.2.3.1 Azimut en la UCSM

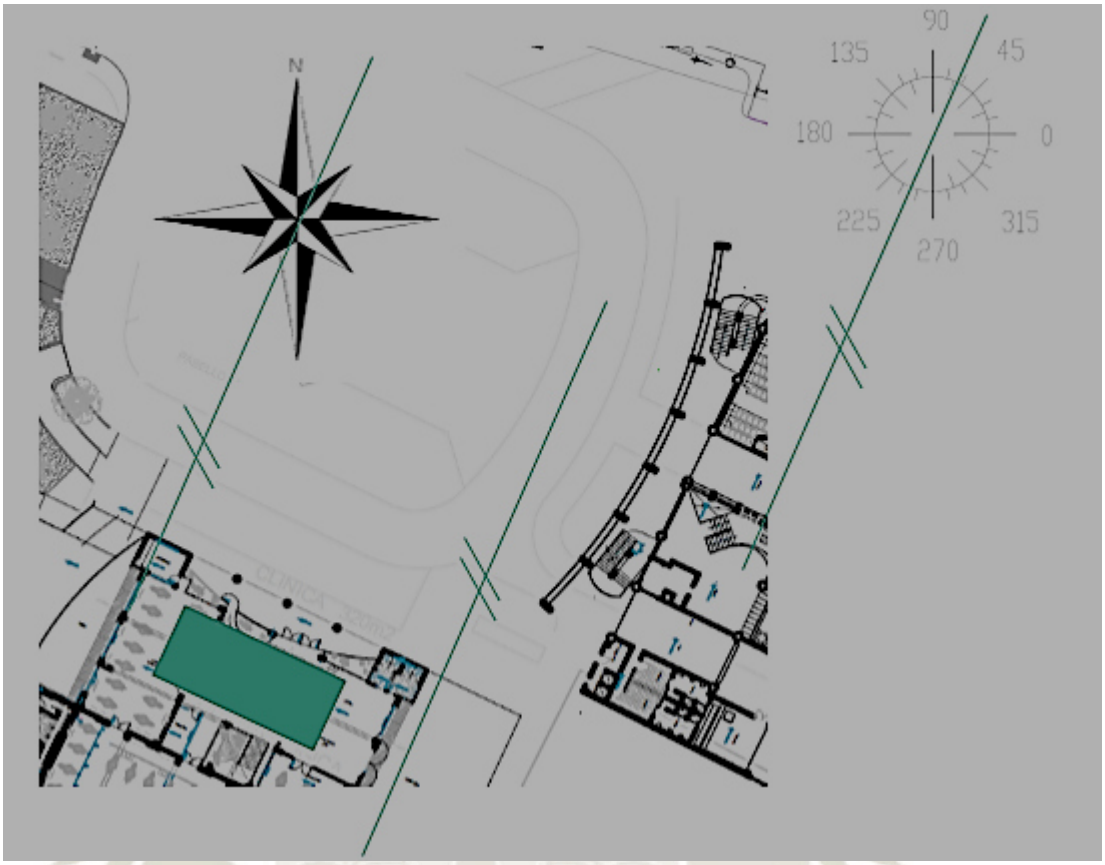
Al ser una variable independiente, debido a la arquitectura existente de las instalaciones de la UCSM, se tendrá que de acuerdo a la Figura 60, se tiene una desviación que se aproxima a 30º, por lo que se considerará ese azimut para la instalación de los módulos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 60 Azimut en la arquitectura de los pabellones



Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2 Ángulo óptimo de elevación

Se proporciona en las bases de datos de la NASA una estimación de acuerdo a diversos ángulos de elevación, se evalúa la inclinación óptima para producir la mayor energía anual y mensual, se observa de la Tabla 2, en la última columna de la penúltima fila, que una elevación de 15° orientada hacia el norte será la más adecuada, esto a nivel empírico.

Para validar este ángulo óptimo, según la Ec. 9, el ángulo óptimo estará dado por la latitud, evaluando la ecuación se tiene:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\theta_M = \lambda \pm 10°$$

Donde:

λ: Latitud $(-16{,}405525°)$

$$\theta_M = -16{,}405525° \pm 10°$$

Ec. 38 Rango de valores de inclinación óptima

Se obtiene que el rango en el que se encuentra el ángulo de elevación de 15º, que en la nomenclatura de esta ecuación se corresponde con -15º, se encuentra dentro del rango de valores óptimos admisibles para el diseño, cabe aclarar que el signo negativo indica una orientación hacia el hemisferio norte, el rango de valores que se muestra en la ecuación daría hasta un ángulo de 25º como valor aceptable, en cierta forma tiene ventajas por la menor acumulación de polvo, pero al ser la ciudad de Arequipa propensa fuertes vientos que reducirán el nivel de acumulación de polvo y al estar ubicados en los techos donde hay mayor velocidad de viento, se opta por 15º que garantizan mayor energía.

Finalmente, este ángulo de elevación también es validado por tesis de implementación de energía fotovoltaica en la UCSM, que determinan 15º de inclinación óptima para obtener la mayor irradiación en las instalaciones de la universidad en Arequipa (García Domenique, 2017; Mamani Ramos, 2019).

3.2.4 Irradiación por orientación de los paneles

La orientación óptima de los paneles, como se vio en el apartado 2.9.2, maximiza la irradiación incidente en el generador fotovoltaico, los parámetros geométricos de los paneles Am y θ_M, tendrán los siguientes efectos en la irradiación:

a) Pérdidas por azimut $(Perd_{\%(Am)})$

Se tendrán pérdidas debido a la orientación de los pabellones de la universidad, que no coincide exactamente con el sur o norte geográfico, estas pérdidas no son de un gran orden, se estima 1,1% por cada cinco grados (Boxwell, 2017). Por lo que para fines de diseño se considera un factor de pérdidas de:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Perd_{\%(Am)} = 30° \cdot \frac{1{,}1\%}{5°}$$

$$Perd_{\%(Am)} = 6{,}6\ \%$$

Aplicando dicho factor de corrección a la Tabla 2, se construye la siguiente tabla para el azimut de los pabellones:

Tabla 3 Irradiación mínima a un Azimut de 30º

PARÁMETRO	EN	FEB	MA	ABR	MA	JUN	JUL	AG	SET	OCT	NOV	DIC	PRM
Irradiación 0°	4.37	4.55	5.05	4.22	3.88	3.47	3.78	4.26	4.74	5.69	6.01	5.94	4.66
Irradiación 1°	4.38	4.55	5.06	4.25	3.91	3.52	3.82	4.29	4.76	5.70	6.02	5.96	4.69
Irradiación 16°	4.36	4.43	5.12	4.50	4.37	4.01	4.33	4.66	4.90	5.59	6.00	6.04	4.86
Irradiación 31°	4.16	4.12	4.92	4.52	4.60	4.30	4.62	4.78	4.81	5.22	5.68	5.84	4.80
Irradiación 90°	2.00	1.70	2.22	2.67	3.24	3.28	3.44	3.07	2.46	1.87	2.24	2.78	2.58
Irradiación óptima	4.40	4.55	5.13	4.54	4.61	4.36	4.68	4.78	4.90	5.70	6.05	6.05	4.98
Elevación óptima (°)	7	0	-12	-25	-38	-43	-41	-31	-17	-3	7	13	-15
Orientación	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	N

Nota: Los ángulos negativos de elevación indican una orientación hacia el norte, Irradiación mensual dada en ($kWh/m^2 \cdot dia$)

Fuente: Elaboración propia.

b) Pérdidas por elevación

Los valores graficados en la Figura 61, corresponden a los valores tomados de la Tabla 3 Irradiación mínima a un Azimut de 30º, a un ángulo óptimo de 15º. Para fines de diseño, se tendrá que tomar en cuenta una estabilidad de la energía irradiada mensual, y para no

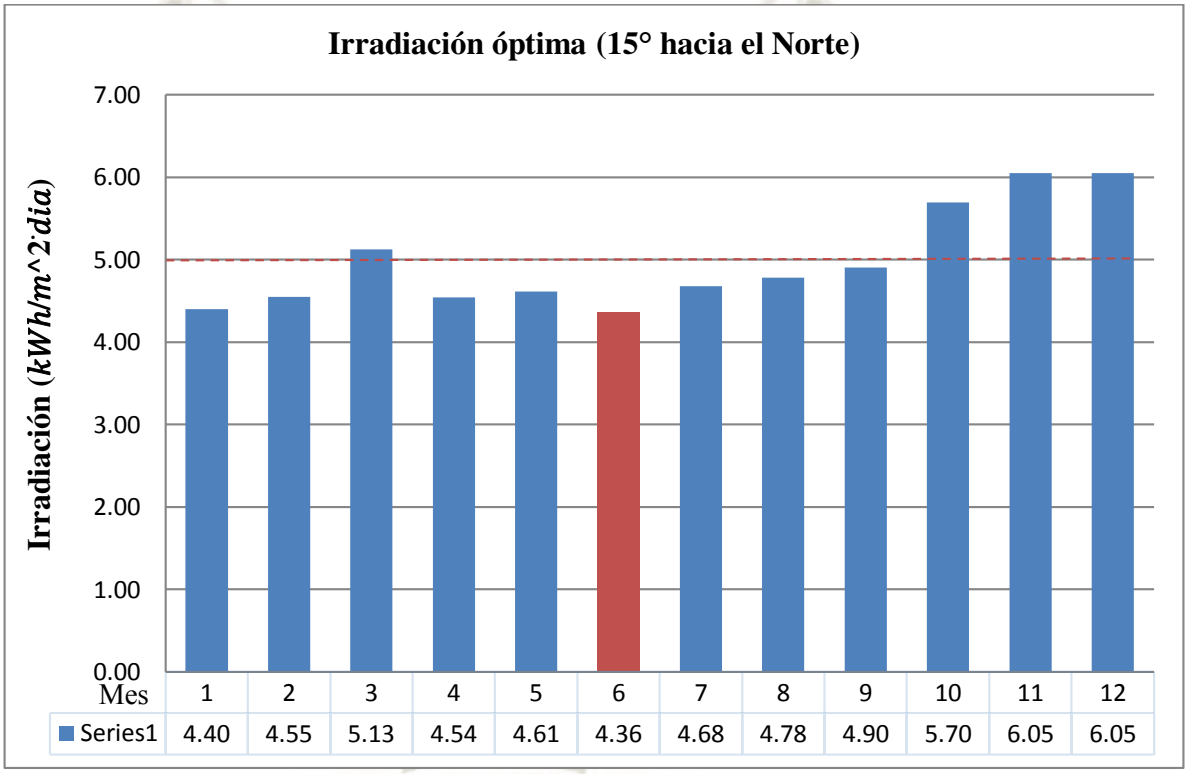
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

tener meses de escasez de energía, se garantizará su funcionamiento diseñando el sistema para el mes más desfavorable. Se observa que en el mes de junio se tiene la menor irradiación (4,36 $kWh/m^2 \cdot dia$), de la Figura 61 también destaca la irradiancia media anual de 4,98 $kWh/m^2 \cdot dia$, estos valores se tomarán como referencia para el dimensionado del generador fotovoltaico.

Figura 61 Irradiación a un azimut de 30º y elevación de 15º en la UCSM



Fuente: Elaboración propia.

3.2.5 Simulación de Irradiancia usando ETAP

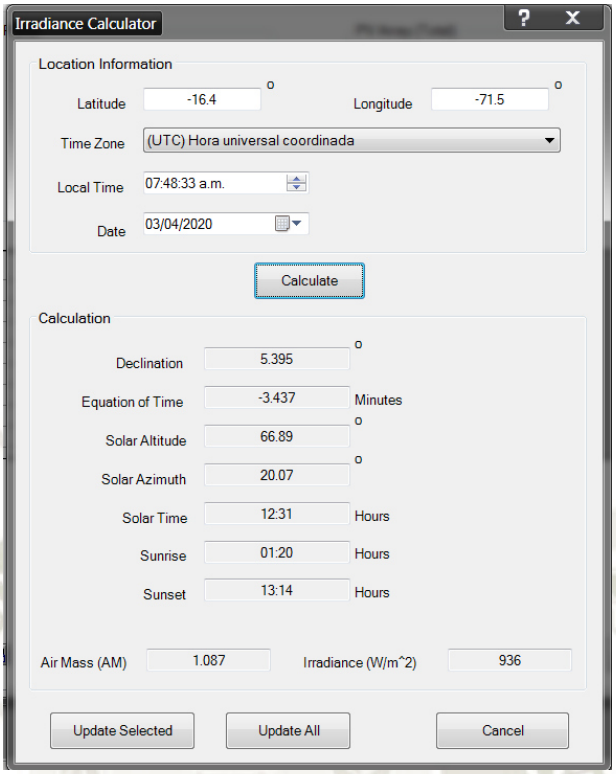
El software tiene la herramienta de calculadora de Irradiancia que proporciona en tiempo real la irradiancia dada según la locación introduciendo latitud, longitud y huso horario, para la ciudad de Arequipa se estima una irradiación de 936 W/m^2, irradiación que se tomará en cuenta para la simulación de flujos de potencia para evaluar el funcionamiento del sistema solar fotovoltaico en las secciones posteriores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 62 Irradiancia proporcionada por ETAP



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

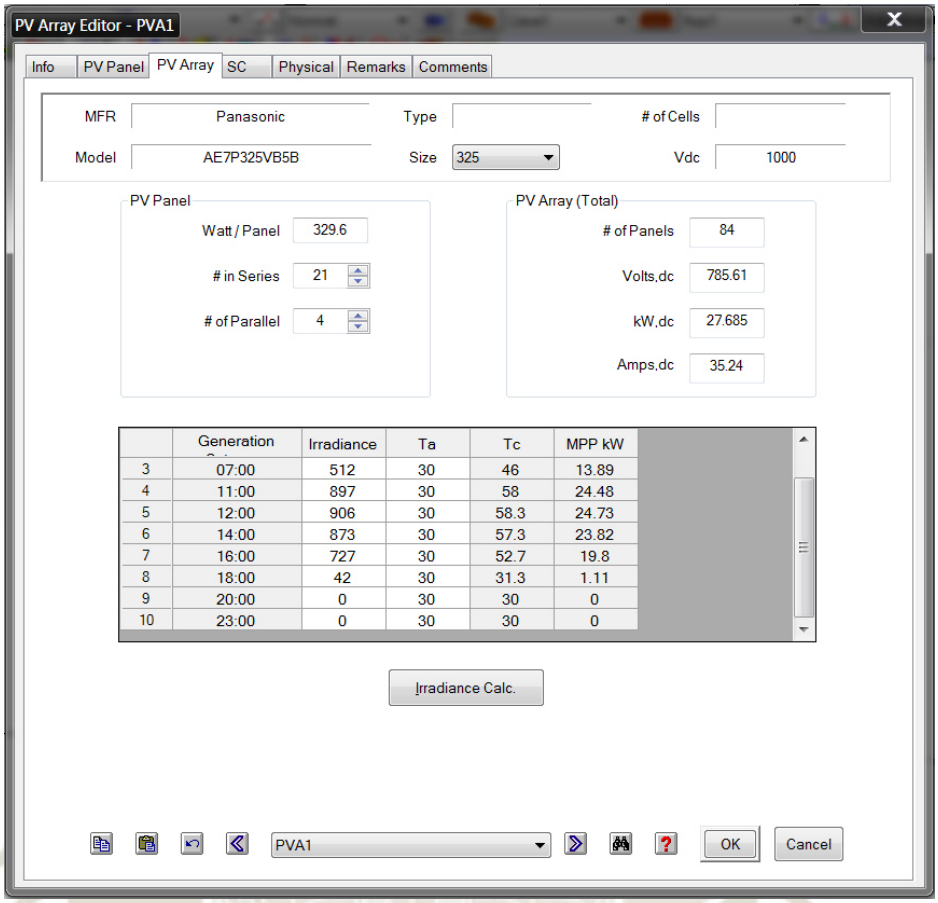
Siguiendo el procedimiento previamente descrito es posible evaluar distintos escenarios de generación, para hacer un análisis durante las distintas horas del día y conforme a la Figura 61, se usado la calculadora de irradiancia reiteradamente para evaluar el mes más crítico (junio), a partir de esa evaluación es posible modelar el comportamiento de cada campo de paneles (ver Figura 63).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 63 Escenarios de Irradiancia del mes crítico por ETAP



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Cabe destacar de tal análisis que en tal mes se tendrá una irradiación máxima de 906 W/m^2 registrada al medio día donde los grupos fotovoltaicos producirán su potencia pico, por otro lado a partir de la 18:00 horas la irradiancia comienza a descender a cero hasta el alba del siguiente día.

3.3 Estudio de cargas del sistema

3.3.1 Consumo de energía mensual

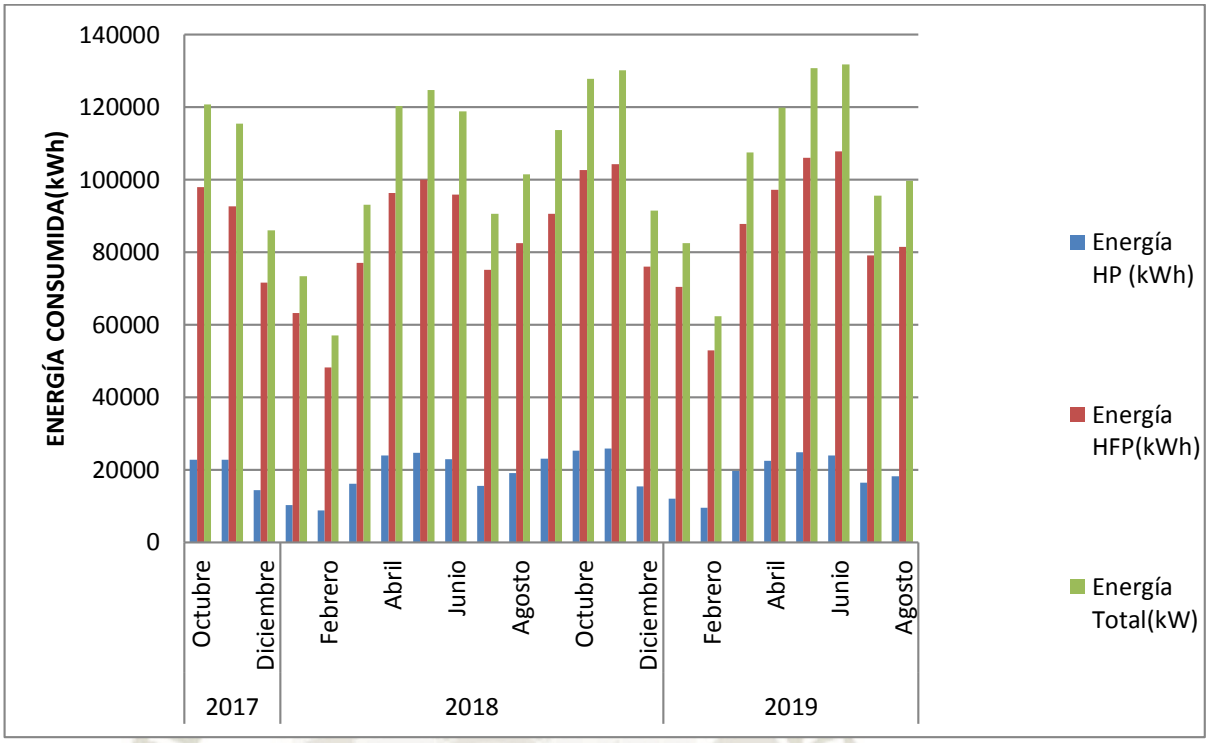
La carga a satisfacer por el sistema fotovoltaico está caracterizada por el consumo mensual, para fines de diseño se ha de considerar un periodo de análisis de la carga mayor a un año, en el caso de la universidad la Figura 64 muestra el consumo de energía activa desde octubre del 2017 hasta agosto del 2019 que se obtuvo de la facturación mensual del campus, cabe resaltar que se distingue; el consumo en HP (horas punta), el consumo en HFP (horas fuera de punta), y el consumo total de energía que es la suma de ambos(en verde).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 64 Consumo mensual de energía de la UCSM



Fuente: Elaboración propia

Para el dimensionado del sistema fotovoltaico se considerará el mayor consumo de energía registrado que corresponde al mes de junio del año 2019, siendo este de 131717,16 kWh, se debe considerar tal valor conservador para asegurar la demanda durante el tiempo de vida útil del proyecto, tal demanda será creciente debido al crecimiento de las instalaciones y modernización del campus.

3.3.2 Máxima demanda:

Al igual que el consumo mensual de energía evaluado en la facturación, es posible describir el comportamiento de la máxima demanda durante HP y HFP (ver Figura 65), se observa que en ambos casos se tiene una MD de aproximadamente 420 kW observada en los meses de junio y noviembre, por otro lado se observa la menor MD en el mes de febrero teniendo un aproximado de 110 kW en HP y 190 kW en HFP.

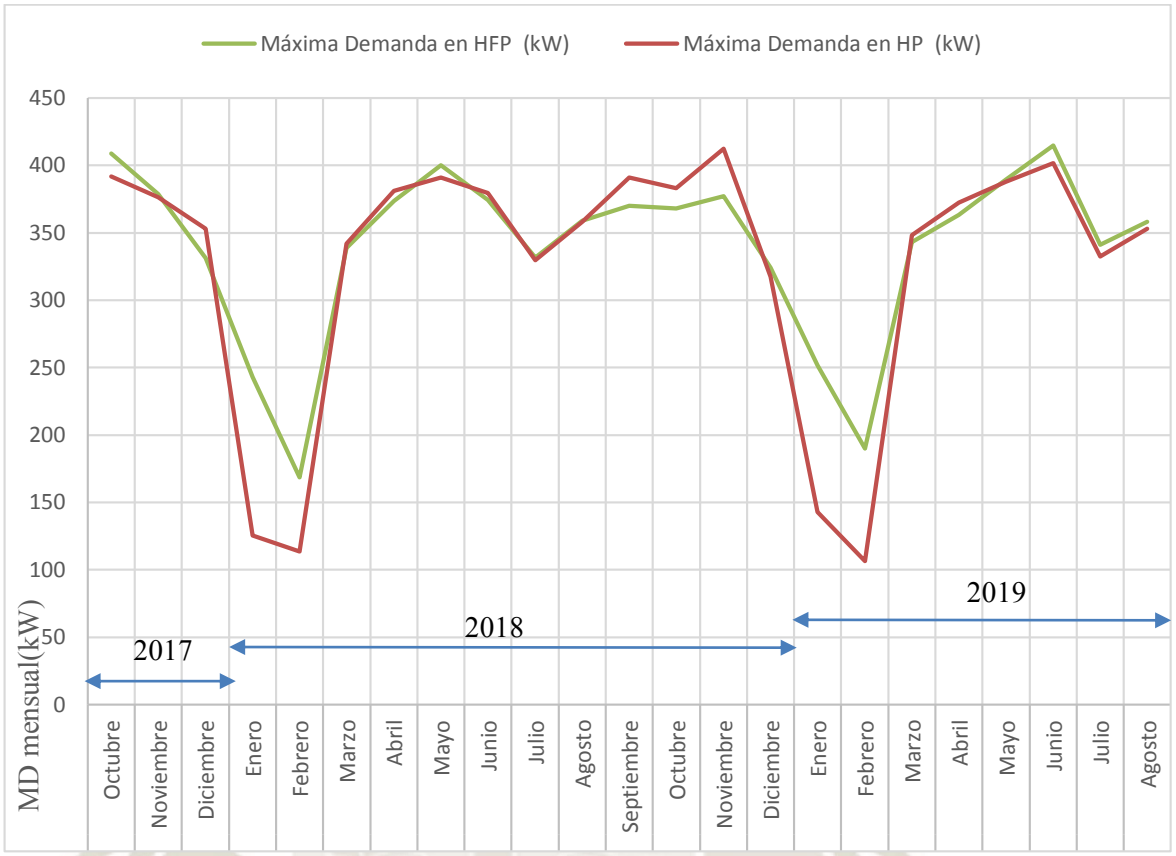
Estos meses cresta y valle de MD son objeto de estudio para evaluar la capacidad del sistema y realizar un diseño de elementos conductores y protecciones eléctricas que satisfacen la demanda y los flujos de potencia en tales condiciones, se observa durante el resto del año que el valor de la MD tiende a 400 kW, por lo que se tomará como MD de diseño para fines de simulación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 65 Máxima Demanda en HP y HFP de la UCSM



Fuente: Elaboración propia

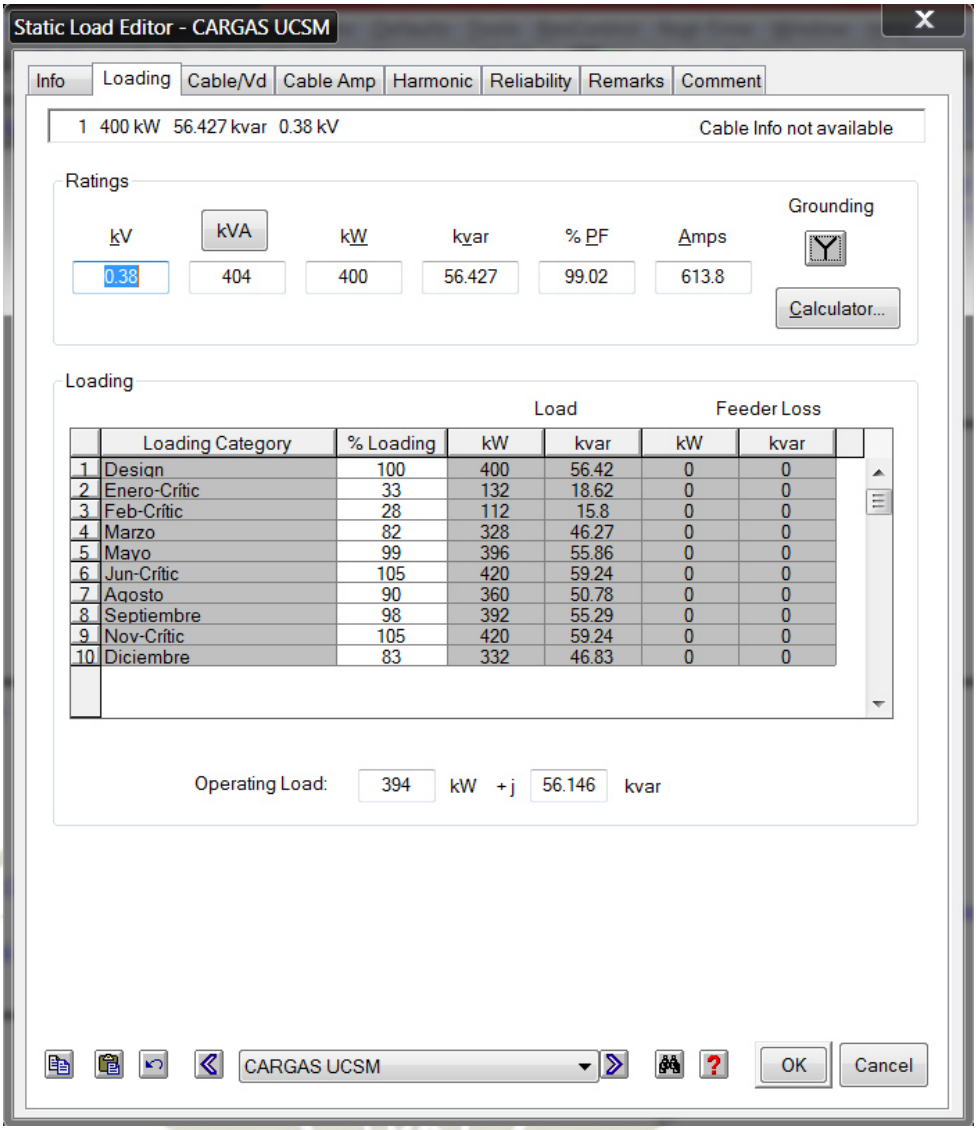
Es posible el modelado de la carga tomando en cuenta estos valores observados, ETAP ofrece la posibilidad de trabajar y analizar el comportamiento de la carga en diversos escenarios de carga, de esta manera se modela la carga de todas las instalaciones de la carga en durante distintos meses del año en términos de su MD (ver Figura 66), siendo los valores críticos los meses cresta (junio y noviembre con un 105% de la carga de diseño) y valle (enero, febrero con 33% y 28% de la carga de diseño respectivamente).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 66 Modelo de Cargas de instalaciones de la UCSM en ETAP



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP.

3.3.2.1 Energía requerida por el sistema.

Se tendrá que estimar un tiempo de vida para el análisis de la carga a abastecerse, que para la mayoría de los sistemas fotovoltaicos es de 20 a 30 años (Mohammad Bagher, 2016), por lo que se considerará un tiempo de vida de 25 años, de modo que evaluando el crecimiento del consumo mensual que se observa el año 2019 con respecto al crecimiento del dado por el factor E(2019)/E(2018) mostrado en la Tabla 4, hay un crecimiento promedio relativo del 10,95 % entre ambos años, que se puede atribuir a muchos factores tales como construcción de un nuevo polideportivo, nuevas instalaciones de estudio, por lo que se considerará un valor conservador de crecimiento del consumo eléctrico anual del 1%.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4 Factor de crecimiento promedio anual del consumo

	E(2019)/E(2018)	%Incremento
Enero	1.12	12.45
Febrero	1.09	9.46
Marzo	1.12	12.45
Abril	1.09	9.46
Mayo	1.12	12.45
Junio	1.09	9.46
Julio	1.12	12.45
Agosto	1.09	9.46
Promedio	1.11	10.95

Fuente: Elaboración propia

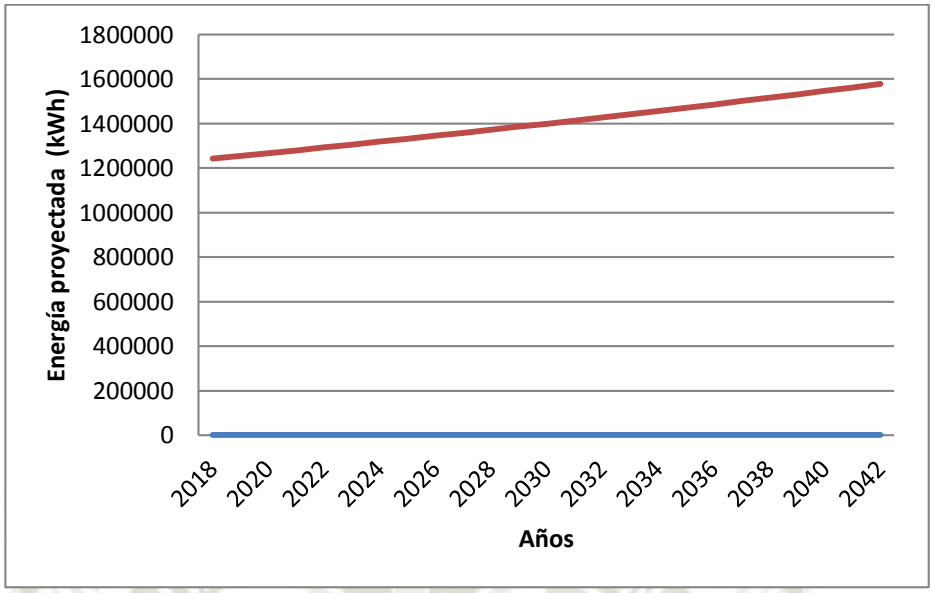
Considerando tal crecimiento se ha de prever una carga de 1577426,37 kWh (tomando un horizonte con proyección lineal de 25 años desde las lecturas reales) al año 2042 (ver Figura 67), se requeriría de 4321,72kWh producidos diariamente en promedio. Se deben considerar entonces las horas solar pico promedio de 4.98 kWh/kWp, que coinciden con la irradiación promedio diaria al año.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 67 Energía anual a satisfacer durante el tiempo de vida útil



Fuente: Elaboración propia

Se determinará entonces la potencia a ser suministrada por el sistema fotovoltaico usando la siguiente ecuación;

$$P_{central} = \frac{c_{diario}}{HSP \cdot PR}$$

Ec. 39 Potencia estimada de la central fotovoltaica

Donde:

$P_{central}$: Potencia de la central fotovoltaica (Wp)

c_{diario}: Consumo promedio diario de la carga (kWh/Wp)

HSP: Horas solares pico (kWh)

PR: Coeficiente de rendimiento, iniciales del inglés "performance ratio" (Adimensional)

Para evaluar la ecuación se tomara un PR de 0,83 tomado de una exhaustiva evaluación de desempeño de células policristalinas en Arequipa (Romero-Fiances et al., 2019), este valor varía según factores característicos de cada tecnología de células ante factores ambientales como el polvo, humedad , temperatura, entre otros, se puede validar tal valor de una investigación llevada a cabo también para las condiciones atmosféricas de Arequipa para la UCSM en Majes (Mendoza Dalguerre & Pauca Cuarite, 2018).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$P_{central} = \frac{4321{,}720\ \text{kWh}}{4{,}98\ \frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \cdot 0{,}83}$$

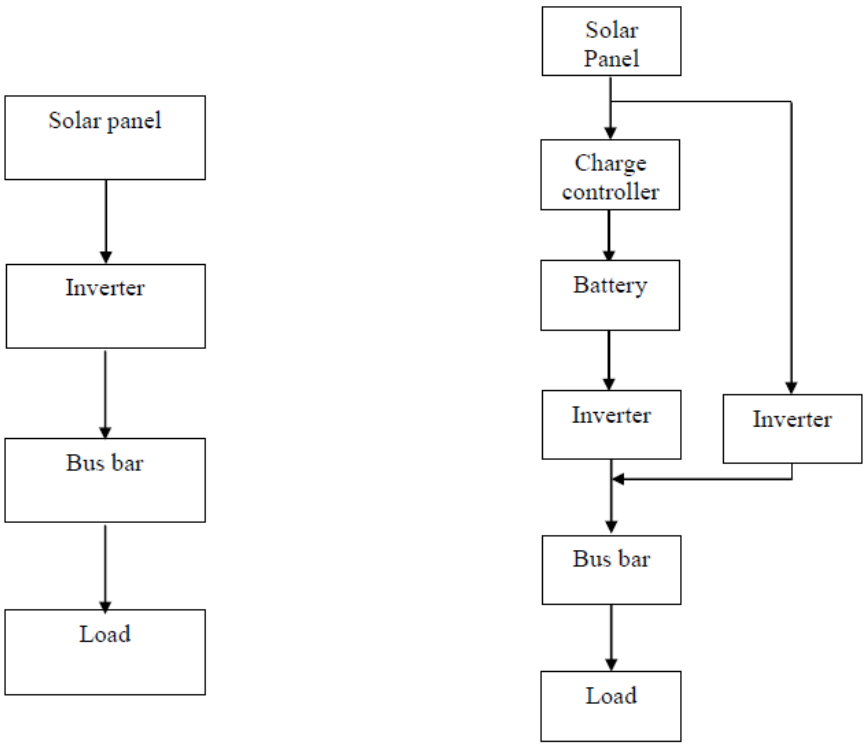
$$P_{central} = 1045{,}56\ kWp$$

P_{panel} : Potencia nominal de funcionamiento del panel fotovoltaico (Wp)

3.4 Dimensionado del sistema

Dentro de los sistemas usados para autoconsumo se distinguen dos tipos que serán evaluados en esta sección para fines de diseño, descritos en la sección 2.8.1, pueden ser de GD o sistemas autónomos. Para evaluar la mejor opción técnico-económicamente, se ha de hacer un análisis de costo beneficio para ambos sistemas y elegir el más rentable y óptimo. Ambos sistemas serán diseñados en los apartados 3.4.4 (generación distribuida) y 3.4.3 (sistema autónomo), con esquemas de equipos vistos en la Figura 68, ordenados de izquierda a derecha respectivamente.

Figura 68 Diagrama de bloques de sistemas solares aislados y de GD



Fuente: Tamanna Eshita et al., 2010

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.1 Módulos fotovoltaicos

Primero se debe determinar el tipo de panel solar a utilizar, como se definió en el apartado 2.8.2.3.1 las células de silicio policristalino son a día de hoy las que mejor se desempeñan en el tiempo, eficiencia y calidad en cuanto sus costos por lo que se evaluarán paneles que se encuentren y sean de fácil acceso para nuestro mercado, se debe verificar que tengan cumplimiento de los estándares de calidad de fabricación y pruebas de funcionamiento tales como IEC61730, IEC61215, o IEC 61646.

3.4.1.1 Selección del módulo

Tabla 5 Características nominales de módulos fotovoltaicos en condiciones STD

Fabricante	Astronergy	Panasonic	Canadian Solar
Modelo	CHSM6612P/HV-345	AE7P325-VB5B	CS6U-335P
Pmpp	355 Wp	325Wp	335Wp
Vmpp	37.55 V	37.3V	37.4V
Impp	9.46 A	8.72A	8.96A
Voc	46.70 V	45.9 V	45.8V
Isc	9.78 A	9.26 A	9.54A
η(eficiencia)	18.30%	16,7%	17.23%
Coefiente de pérdida por temperatura(Pmpp)	- 0.408%/°C	-0.41 % / °C	-0.41 % / °C
NOTC	46±2°C	45±2°C	43±2 °C
Dimensiones	1960 x 992 x 40 mm	1960 x 992 x 40 mm	1960 x 992 x 40 mm
Normas y estándares de fabricación	IEC 62491, ISO 9001	IEC 61215, IEC 61730, IEC 62804, IEC 62716, IEC 61701	IEC 61215 , IEC 61730, IEC 60068
Tiempo de vida	25 años (87,5%)	25 años (80,7%)	25 años(-)
USD/Wp	0,65	0,42	0,64

Fuente: INDIAMART, 2019; Wholesale Solar, 2019

Nota: Elaboración a partir de hojas de datos del fabricante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Buscando fabricantes de módulos fotovoltaicos altamente recomendados por la guía de sistemas solares "Solar Electricity Handbook" (Boxwell, 2017), y entre otros calificados por los estándares IEC, la siguiente tabla resumen muestra las mejores opciones entre módulos fotovoltaicos que se pueden importar con facilidad en nuestro país y sus características STD (estándar).

Entre los tres modelos propuestos se tomará el AE7P325-VB5B de 325 Wp de Panasonic por las siguientes razones:

-Posee mayores estándares de calidad de fabricación IEC y es una empresa sumamente reconocida en el mercado eléctrico y electrónico.

-Para las mismas dimensiones y similares características técnicas es menos costosa evaluando la relación de costo por unidad de potencia instalada (0,42 USD/kWp) que representa un 35% menos en costos.

A continuación se determinará el número estimado de paneles requeridos para satisfacer la demanda:

$$\#PANELES = \frac{P_{central}}{P_{PANEL}}$$

$$\#PANELES = \frac{1045560\ Wp}{325\ \frac{Wp}{panel}} \approx 3218 \text{ paneles}$$

De modo que la potencia estimada que sería instalada de la central será de:

$$P_{central} = 3218 \cdot 325\ Wp$$

$$P_{central} = 1045{,}85\ kWp$$

Este número de paneles se tomará inicialmente para ambos casos; ya sea un sistema aislado o un sistema conectado a la red de GD, pudiendo variar en un cierto margen de acuerdo a la configuración de inversores y grupos generadores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

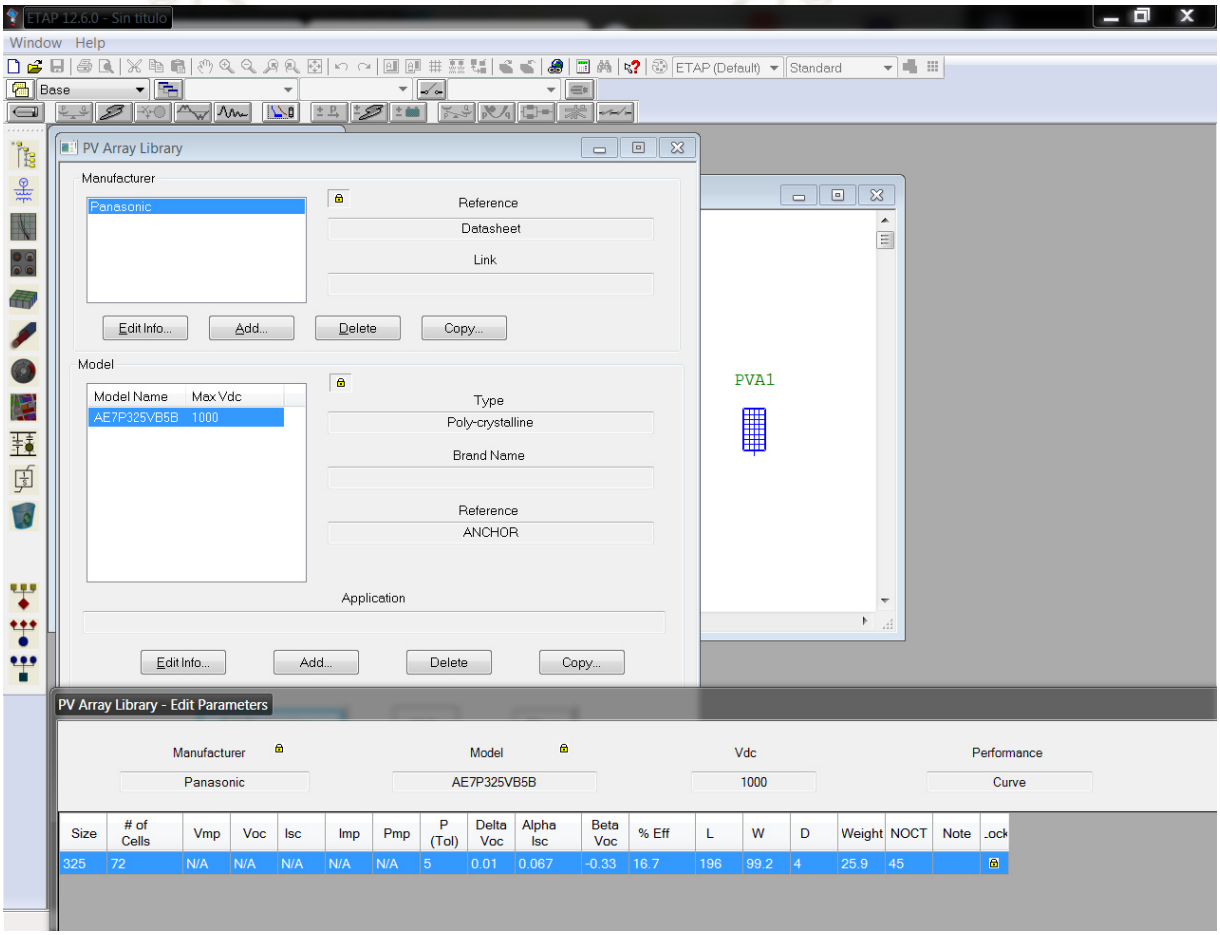
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.1.2 Modelado del módulo en ETAP

ETAP ofrece al usuario modelar manualmente el módulo a usarse para hacer la simulación de su funcionamiento en un sistema de potencia, para ello se requiere añadir parámetros básicos de tabla como el tipo de células, temperatura nominal de operación, número de células, coeficientes de operación con la temperatura, entre otros encontrados en la tabla de datos del proveedor. Estos se introducen en una nueva libreria como lo muestra la Figura 69.

Figura 69 Modelado en ETAP del módulo seleccionado



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

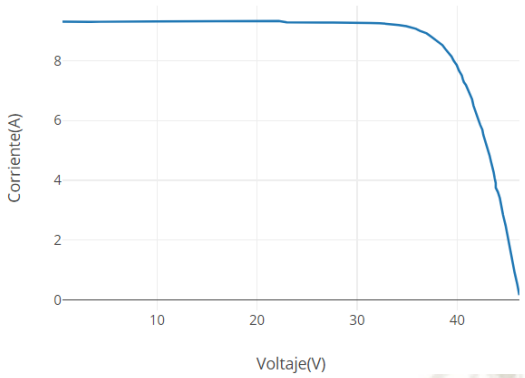
Para el modelado, resulta fundamental el conocimiento de la curva Corriente-Tensión (IV), esta es proporcionada por el fabricante, en la hoja de datos y registra el comportamiento característico de los paneles, a partir de esta hoja también está determinada la potencia pico de los paneles.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

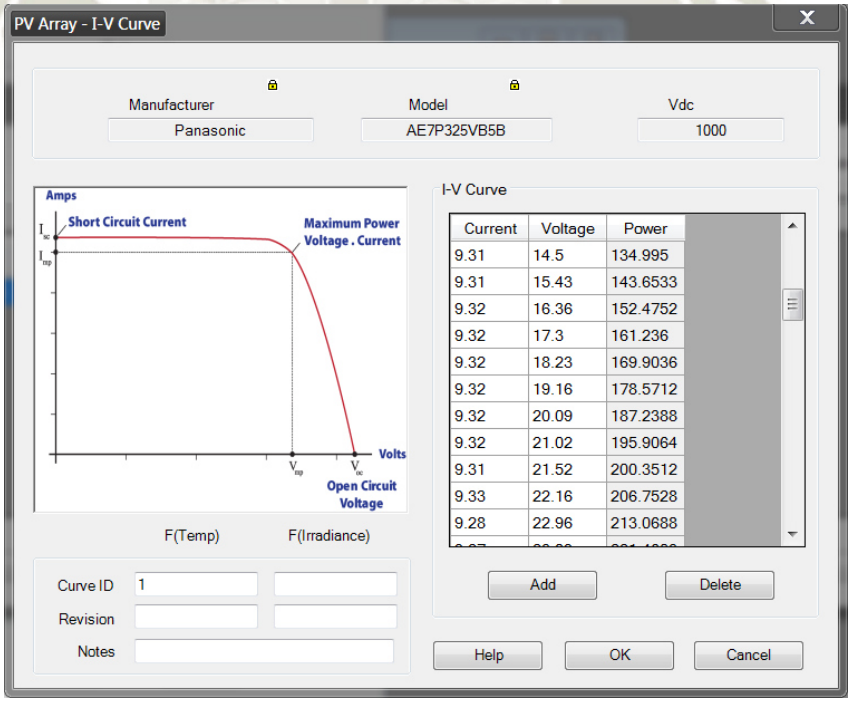
Figura 70 Curva I-V del módulo seleccionado



Fuente: Elaboración propia

ETAP, permite la inserción de la curva insertando múltiples puntos característicos de la curva del fabricante (ver Figura 71), una vez insertados estos valores, ya quedan definidos completamente los módulos y se puede proceder con su configuración y conexionado para su posterior simulación.

Figura 71 Curva característica I-V modelada en ETAP



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

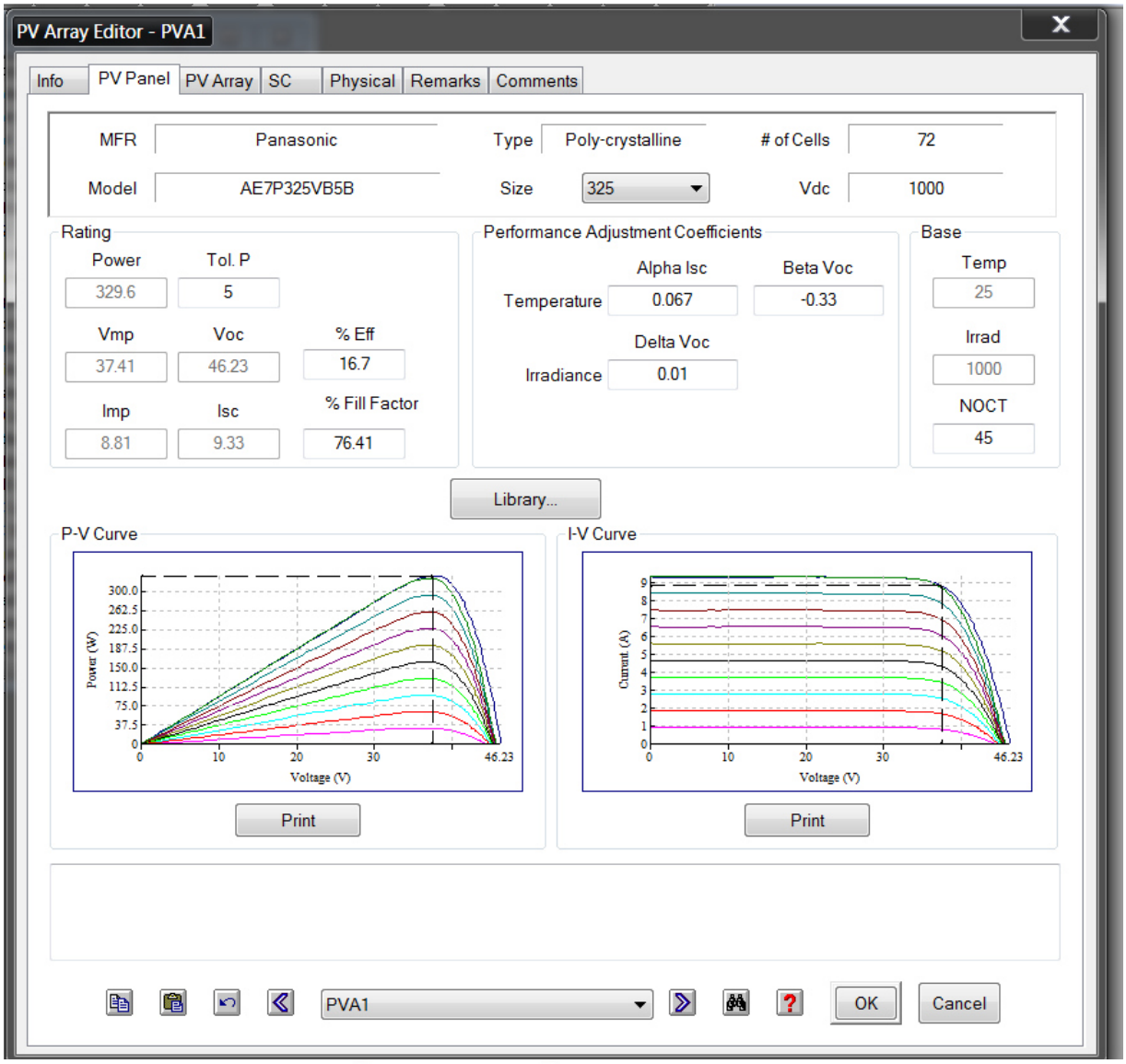
La curva I-V, y los demás parámetros insertados a la librería de ETAP, dan como salida múltiples curvas de funcionamiento I-V característico a diferentes niveles de irradiación,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

temperatura que permiten el análisis en diferentes horas del día y estaciones del año. Del mismo modo la curva potencia-tensión (P-V) quedará definida por ETAP.

Figura 72 ETAP-Curvas características de módulos seleccionados



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

3.4.2 Área requerida por el sistema

El área techada necesaria para satisfacer esta potencia, sería función de las dimensiones de los paneles, el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal y el número total de paneles:

$$Atotal - nec = 1{,}960 \cdot 0{,}992 \cdot \cos(15°) \cdot 3218 \ \text{m}^2$$

$$Atotal - nec = 6044 \ \text{m}^2$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$Atotal - nec$: Área total necesaria horizontal total a cubrir. (m^2)

Se concluye que es posible la construcción de la central fotovoltaica al tener la UCSM una extensión mayor a 75000 m^2(UCSM, 2016), los paneles se colocarían en los techos de los pabellones que resulten más convenientes. El cálculo detallado de las áreas dispuestas techadas la lista de pabellones, emplazamiento y cálculo de estructuras de soporte para los módulos solares se detalla en la sección 3.4.5 a partir de la pág. 101, a modo de resumen se ha elaborado la Tabla 6, detallando el área horizontal techada disponible para cada pabellón, se observa que ocupando los pabellones indicados, será posible cubrir el área total necesaria.

Tabla 6 Área horizontal disponible para paneles por pabellón

PABELLÓN	ÁREA(m^2)
A	520
B	490
C	498
D	443
AUDITORIO	255
H	292
G	178
O	486
CLINICA OD	320
E	735
E(comercio)	211
L	328
ESTACIONA	1228
Chaminade	330
TOTAL	6314

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Diseño de un sistema autónomo de generación fotovoltaica

El sistema autónomo además de los módulos fotovoltaicos, requerirá de un sistema de almacenamiento de energía, dos buses de tensión (DC y AC) y reguladores de carga.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.3.1 Configuración de reguladores de carga

Se tomará en cuenta la corriente máxima de carga, para ello se tomarán grupos de módulos agrupados de 4 paneles enseriados, cuya tensión de circuito abierto será 149,2 V, luego tomando 3 cadenas en paralelo por grupo regulador se tendrán 12 paneles por grupo que significarán una potencia de 3900 Wp (ver Ec. 40).

$$P_{grupo} = 12 \cdot 325\ Wp$$

$$P_{grupo} = 3900\ Wp$$

Ec. 40 Potencia del grupo regulado

$$I_{max-carga} = \frac{P_{grupo}}{V_{batería}}$$

Ec. 41 Corriente máxima de carga por grupo regulador

Donde:

$I_{max-carga}$: Corriente máxima de carga (A)

P_{grupo} : Potencia del total del número de paneles regulados (Wp)

$V_{batería}$: Nivel de tensión de operación nominal de las baterías (V)

Para seleccionar los reguladores se ha de tomar en cuenta la corriente máxima de carga y la tensión nominal de los grupos de baterías que toman submúltiplos de 12 V, por lo general, se establecerá un nivel de 48 V, de modo que según la Ec. 41, se tendrá una corriente máxima de carga de:

$$I_{max-carga} = 81{,}25\ A$$

Lo cual significa que un controlador de 150 V de tensión admisible y 85 A de corriente de carga nominal, satisfacen los grupos propuestos de 3 cadenas en paralelo formadas por 4 módulos enseriados, entonces se seleccionará el controlador de carga Blue solar MPPT 150/85 por cumplir con los requerimientos de nuestro sistema y por contar con estándares internacionales de fabricación, finalmente, para calcular el número requerido de controladores MPPT, se han de considerar los 3218 módulos tomados en grupos de 12 módulos por grupo (ver Ec. 42).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\#MPPT = \frac{3218\ módulos}{12\ módulos/controlador}$$

$$\#MPPT = 268{,}2\ controladores\ \approx 268\ controladores$$

Ec. 42 Número de controladores de carga

3.4.3.2 Cálculo de inversores por grupo

Conforme al número de controladores, se han de usar 268 inversores con una potencia a calcular

$$P_{INV} = \frac{P_{central}}{\#INV}$$

$$P_{INV} = \frac{1045{,}85\ kWp}{268\ inversor}$$

$$P_{INV} = 3{,}902\ \frac{kWp}{inversor} \approx 4\ \frac{kWp}{inversor}$$

Entonces, se han de usar 268 inversores de 48V de tensión de entrada y una potencia de 4kW, el inversor Phoenix C48/5000 garantiza una potencia de hasta 5kVA y 4 kW a temperatura nominal y una salida que permite su conexionado trifásico a 60Hz.

3.4.3.3 Diseño del sistema de almacenamiento de energía

La selección optima y que garantice el más largo periodo de su vida útil e incremento del tiempo entre periodos de mantenimiento, incluirá los ciclos de carga-descarga, baja corriente de carga, y ciclos suaves de electrolito.

3.4.3.3.1 Capacidad requerida del banco de baterías

Se ha de considerar la carga a abastecer diaria promedio y la tensión del banco de baterías.

$$Cneces = \frac{Ediar}{Vcc}$$

Ec. 43 Capacidad necesaria de las baterías

Se considerarán los siguientes valores:

Cneces: Capacidad necesaria de las baterías (A-h)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ediar: energía total suministrada diaria, 4321,72kWh (ver sección 3.3.2.1)

Vcc: Voltaje del banco de baterías, 48 V.

$$Cneces = 90035{,}8\ A-h$$

Luego, considerando los ciclos de carga y descarga, se considerará la degradación del sistema

$$Cefec = \frac{Cneces}{1-D}$$

Ec. 44 Capacidad efectiva del banco de baterías

Cneces: Capacidad necesaria de las baterías (A-h)

D: Degradación del sistema, asumido a un 10% para aplicaciones de autoconsumo solar.

$$Cefec = 100039{,}8\ A-h$$

Además, considerando una futura reserva de energía del 10%, se tendrá una capacidad total de reserva.

$$Ctot = \frac{Cefec}{1-Rfut}$$

Ec. 45 Capacidad total del banco de baterías

$Ctot$: Capacidad total de reserva de las baterías (A-h)

Rfut: % de Reserva futura. Se usará 10% considerando el crecimiento de la demanda (ver sección 3.3.2.1).

$$Ctot = 111155{,}3A-h$$

La capacidad final del banco de baterías, estará dada según la Ec. 46, teniendo en cuenta la autonomía del banco y la profundidad de descarga.

$$Cbat = \frac{Ctot \cdot n}{Pdd}$$

Ec. 46 Capacidad final del sistema de almacenamiento de energía

$Cbat$: Capacidad final del banco de baterías (A-h)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

n : Tiempo de autonomía de baterías, se considera un día (01)

Pdd: Profundidad de descarga; para un sistema aislado solar, se tomará 60%

$$Cbat = 185258{,}9\ A-h$$

Entonces cada grupo generador tendrá que disponer de:

$$Cbat = \frac{185258{,}9\ A-h}{268\ campos}$$

$$Cbat = 691{,}26\ \frac{A-h}{campo}$$

3.4.3.3.2 Diseño y disposición del banco de baterías

Considerando que se trabaja con alta carga, y para evitar inconvenientes de paradas de mantenimiento, garantizando la vida útil del sistema se selecciona las baterías del tipo estacionario 24V Hoppecke 363A-h 5OPzS 250, que a una tensión de 24 V, ofrecen una capacidad de 363 A-h.

$$Nbat = \frac{Cbat}{Cunit}$$

Ec. 47 Número total de baterías requerido

$$Nbat = \frac{691{,}26\ \frac{A-h}{campo}}{363\ \frac{A-h}{batería}}$$

$$Nbat = 1{,}90\ \frac{baterías}{campo} \approx 2\frac{baterías}{campo}$$

Donde:

$Cunit$: Capacidad unitaria de las baterías (A-h)

Luego se ha de calcular el número de baterías en serie, según la tensión de 48V.

$$Nbserie = \frac{48\ V}{24\ V}$$

Ec. 48 Número de baterías en serie requerido

$$Nbserie = 2\ baterías$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente, el grupo de baterías en paralelo se estima por el producto:

$$Nbat = Nbserie \cdot Nbparal$$

Donde:

$Nbparal$: Número de grupos de baterías en paralelo requeridas.

$$Nbparal = \frac{2\ baterías}{2}$$

$$Nbparal = 1\ batería$$

3.4.4 Diseño de un sistema de GD

3.4.4.1 Selección del inversor

Conforme a los niveles de tensión estándar en BT, a un diseño flexible con los módulos seleccionados en la disposición del campo de cadenas y la mayor eficiencia posible se ha seleccionado el inversor Sunny tripower 20000 TL-US de la SMA Solar technology, una empresa alemana que cumple estándares de alta confiabilidad e interconexión IEE 1547.

Tabla 7 Características de inversor Sunny power 20000T

Fabricante	SMA Solar technology
Modelo	Sunny tripower 20000 T
Potencia máxima de entrada(Wp)	30 kWp (STC)
Potencia nominal AC (Pnom)	20 kW
Tensión máxima a la entrada(V_{DC-MAX})	1000V
Tensión nominal a la salida(V_{AC})	Trifásica(3lineas, 1N. 1PE), 220/380V (480/277V, configurable)
Frecuencia en AC (f)	60Hz(50 Hz , ajustable)
Corriente máxima DC(I_{maxDC})	66A
Corriente nominal AC(I_{AC})	24 A
Rango de Temperatura de operación	-25 ºC hasta 60ºC
η(eficiencia)	98,5%

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Las características principales del inversor se acomodan además al nivel de tensión usado en instalaciones interiores con una salida configurable de 220/380V a 60Hz (AC, con 3 fases, 1 neutro y una salida de protección a tierra), a una potencia admisible de 30 kW.

Estos inversores tienen un mecanismo de seguimiento de máxima potencia MPPT, por lo que posee regulación automática con 2 entradas independientes, por lo que se considerará un número par para el cálculo número de cadenas.

3.4.4.2 Disposición de módulos, cadenas y campos

Entonces, el número de módulos en campo y el número de cadenas estarán dados por el cociente entre la tensión máxima admisible en circuito abierto del inversor y la tensión de circuito abierto de los módulos:

$$\#serie = \frac{1000\ V}{45{,}9\ V/módulo}$$

$$\#serie = 21{,}7\ módulos\ \approx 21\ módulos$$

De modo que cada cadena tendrá una potencia estimada de:

$$P_{cadena} = 325\frac{Wp}{módulo} \cdot 21\ módulos$$

$$P_{cadena} = 6825\ Wp$$

La potencia nominal de cada grupo inversor admite hasta 30kWp, por lo que el número de cadenas requerido para cada campo será de:

$$\#cadenas = \frac{30000\ Wp/campo}{6825\ Wp/cadena}$$

$$\#cadenas \approx 4,396\frac{cadenas}{campo}$$

$$\#cadenas = 4\frac{cadenas}{campo}$$

Luego, la potencia de cada grupo inversor, definida como la potencia de cada campo, será:

$$P_{campo} = 6825\frac{Wp}{cadena} \cdot 4\frac{cadenas}{campo}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$P_{campo} = 27{,}3\ kWp$$

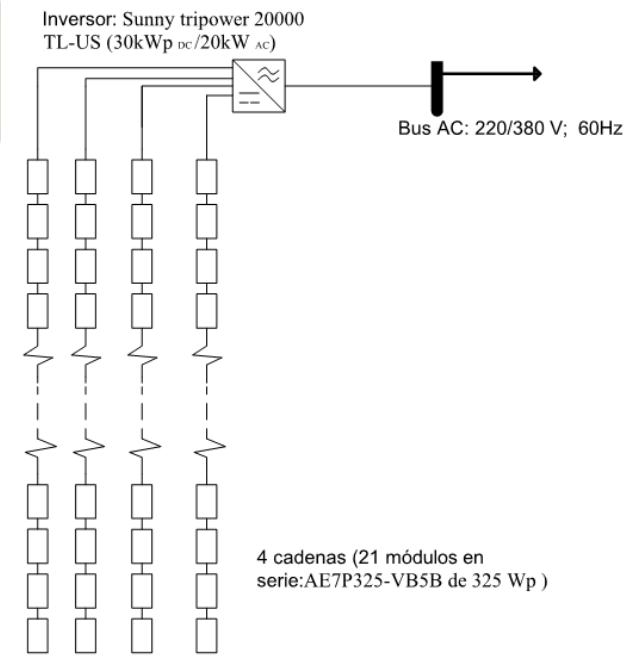
Finalmente, el número de inversores requeridos por todo el sistema será de:

$$\#INV = \frac{1045{,}85\ kWp}{27{,}3\ kWp}$$

$$\#INV = 38{,}3\ inversores \approx 39\ inversores$$

Son 39 campos de 4 cadenas cada uno, con 21 paneles asociados en serie, para esta configuración tenemos la corriente de cortocircuito para cada campo en las 4 cadenas que considerando su corriente de 9,26 hacen un total de 37,04 A al ingreso de cada inversor, la cual es compatible con la corriente máxima admisible a la entrada del inversor de 66 A (ver Tabla 7), luego la potencia que el inversor recibe de cada campo es de 27,3kWp no superando su límite de 30 kWp, finalmente los 21 paneles darán como máximo una tensión de circuito abierto de 963V dentro del rango admisible de 1000V.

Figura 73 Esquema de conexión eléctrico de campos de 4 cadenas



Fuente: Elaboración propia

Es posible introducir esta configuración en ETAP (ver Figura 74), que nos muestra las corrientes, tensión y potencia estimadas para esta configuración con la irradiancia tomada

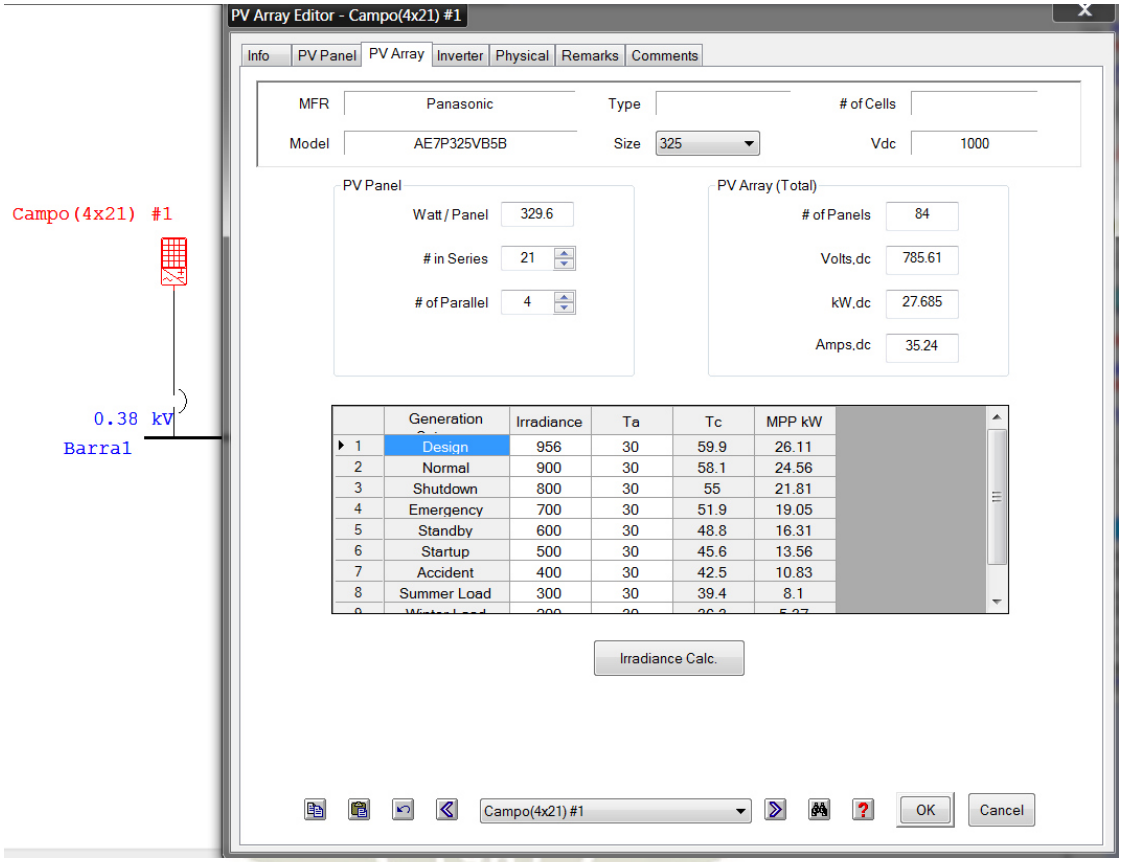
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

en la ciudad de Arequipa. Se observan; una corriente nominal de 35,4 A, tensión de operación de 785,61 V y potencia en DC de 27,685 kW. Estos valores son admisibles pues están contemplados por debajo de los valores máximos de entrada al inversor (ver Tabla 7).

Figura 74 Configuración y características de campo de 4x21 en ETAP



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP.

Tabla 8 Dimensiones de los módulos fotovoltaicos

Ancho(m)	0,992
Largo(m)	1,96
Área de módulo(m^2)	1,94
Área horizontal(m^2)	1,88
Área campo(m^2)	157,76

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente, para evaluar el área a utilizar por cada campo y distribuirlos a lo largo delos pabellones, se tendrán en cuenta las dimensiones mostradas en la Tabla 8, considerando la elevación de 15º y que serán 84 paneles por campo, cada grupo de ellos requerirá de 158m^2 aproximadamente.

Tabla 9 Número de campos a instalarse en áreas de la universidad

PABELLÓN	ÁREA(m^2)	#Campos
A	520	3
B	490	3
C	498	3
D	443	3
AUDITORIO	255	2
H	292	2
G	178	1
O	486	3
CLINICA OD	320	2
E	735	5
E(comercio)	211	1
L	328	2
ESTACIONAMIENTO	1228	8
Chaminade	330	1
TOTAL	6314	39

Fuente: Elaboración propia

Considerando tales dimensiones, se calcula el número de campos que se instalarán en cada pabellón a usarse (ver Tabla 9), destaca el pabellón del estacionamiento con el mayor número de campos (ocho) debido a su gran extensión de 1228 m^2 disponibles para la construcción de estructuras fotovoltaicas en su techo.

Finalmente, el número real de paneles a instalar (a diferencia del número estimado).

$$\#PANELES = 39\ campos \cdot 4\ \frac{cadenas}{campo} \cdot 21\ \frac{paneles}{cadena}$$

$$\#PANELES = 3276 \text{ paneles}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De modo que la potencia instalada de la central será de:

$$P_{central} = 3276 \cdot 325\ Wp$$

$$P_{central} = 1{,}06\ MWp$$

3.4.4.3 Diseño de conductores e interruptores de protección

Se deberá tomar en cuenta los criterios de caída de tensión y capacidad de corriente, tanto para el cableado en DC y en AC.

3.4.4.3.1 Cableado DC:

Se ha de usar cable unipolar, tomando en cuenta su capacidad de corriente y tensión nominal, al ser la tensión máxima de trabajo de las cadenas de 963V, se considera el cable H1Z2Z2-K , que opera a tensiones de 1kV en DC y está avalado por estándares internacionales como la IEC 60332-1 "Pruebas para cables eléctricos", se ha de considerar su capacidad de corriente para la selección de la sección de la corriente que fluye por cada cadena al ser elementos enseriados coincide con la corriente de cortocircuito de cada 'panel que es de 9,26 A, entonces para las 4 ramas son 37,04 A pero considerando un factor de diseño del 25%, se considerará 46,3 A, corriente que será admisible para una sección de 6 mm^2, así lo muestra la Tabla 10.

Tabla 10 Capacidad de corriente del cable H1Z2Z2-K

Sección (milímetros cuadrados)	Capacidad al aire libre(A)	Cables adyacentes, en superficies(A)
1x2,5	41	33
1x4,0	55	44
1x6,0	70	57
1x10	98	79

Fuente: ENCO, 2018

Además se ha de verificar la caída de tensión admisible que estará dada por la siguiente expresión:

$$\Delta V_{máx} = n \cdot \frac{\rho \cdot L}{S} \cdot I$$

Ec. 49 Caída de tensión admisible

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde se considera:

$\Delta V_{máx}$: Caída máxima de tensión admisible (V), tiene que ser menor al 7% de la tensión nominal.

n : Factor de corriente (2 para conexiones de 2 polos DC)

L: longitud del cable conductor requerida (m). Se tomarán 270 m (del pabellón Chaminade a la SE)

S: sección del conductor en (mm^2)

ρ: Resistividad del cable conductor ($0{,}0172\ \frac{\Omega}{m} \cdot mm^2$, para conductores de cobre)

I: Corriente nominal del ramal (37,04 A)

$$\Delta V_{máx} = 2 \cdot \frac{0{,}0172 \cdot 270}{6} \cdot 37{,}04\ V$$

$$\Delta V_{máx} = 57{,}33\ V$$

Se considera admisible hasta un 7% de caída de tensión de modo que:

$$\Delta V_{máxdc} = 0{,}07 \cdot (37{,}3 \cdot 21)\ V$$

$$\Delta V_{máxdc} = 54{,}8\ V$$

El conductor de 6 mm^2 no satisface, entonces se recalcula la Ec. 49 con la sección de 10mm^2:

$$\Delta V_{máx} = 2 \cdot \frac{0{,}0172 \cdot 270}{10} \cdot 37{,}04\ V$$

$$\Delta V_{máx} = 34{,}4\ V$$

Conforme a las anteriores expresiones, el conductor seleccionado para las cadenas H1Z2Z2-K-1x10 mm^2, satisface la caída de tensión máxima admisible y su corriente nominal de operación.

El procedimiento para dimensionar los demás conductores alimentadores será el mismo, según la planimetría de las instalaciones de la UCSM es posible estimar la longitud de recorrido de cable necesaria (midiendo la distancia de los alimentadores a la Subestación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

eléctrica donde se encontrarán los inversores), esto permitirá el dimensionado de cada cable alimentador del inversor.

Tabla 11 Longitud necesaria de recorrido de cables alimentadores de Inversor

PABELLÓN	Longitud de recorrido de cable requerida(m)
A	190
B	210
C	240
D	265
AUDITORIO	180
H	165
G	135
O	140
CLINICA OD	85
E	200
E(comercio)	170
L	265
ESTACIONA	140
Chaminade	270
TOTAL	2655

Fuente: Elaboración propia

Con tales longitudes es posible diseñar los demás conductores y evaluar las corrientes de operación, caída de tensión y pérdida de potencia estimada en cada tramo, ETAP permite la evaluación de tales parámetros mediante el módulo de flujo de potencia en DC (ver Figura 75), a partir de este análisis se observan caídas de tensión desde el 1,07% hasta 3,34%(Pabellón más lejano), en tal condición H1Z2Z2-K-1x10 mm^2cumple el criterio de caída de tensión y de capacidad de corriente, al no sobrepasar los 25,7 A de las corrientes en todos los alimentadores, todo el detalle de conductores DC, caídas de tensión y pérdida de potencia en cada tramo se observan en la Tabla 12.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 12 Cálculo de conductores DC al inversor

ID	kV	Cond. / Phase	Cond./ Cable	Length	Size	Operating				Constraints	Allowable
						Loading	Design	ΔP	Vd	SC Current	Amps
				m	mm²	Amps	Amps (1,25)	kW	%	kA	
Cable-DC#3	1	1	1/C	190	10	27.27	34.09	0.6	2.2	0.04	79
CableDC#1	1	1	1/C	190	10	27.27	34.09	0.6	2.2	0.04	79
CableDC#4	1	1	1/C	190	10	27.27	34.09	0.6	2.2	0.04	79
CableDC#5	1	1	1/C	210	10	25.00	31.25	0.6	2.4	0.04	79
CableDC#6	1	1	1/C	210	10	25.00	31.25	0.6	2.4	0.04	79
CableDC#7	1	1	1/C	210	10	25.00	31.25	0.6	2.4	0.04	79
CableDC#8	1	1	1/C	240	10	25.93	32.41	0.7	2.7	0.04	79
CableDC#9	1	1	1/C	240	10	25.93	32.41	0.7	2.7	0.04	79
CableDC#10	1	1	1/C	240	10	25.93	32.41	0.7	2.7	0.04	79
CableDC#11	1	1	1/C	265	10	26.67	33.33	0.8	3	0.04	79
CableDC#12	1	1	1/C	265	10	26.67	33.33	0.8	3	0.04	79
CableDC#13	1	1	1/C	265	10	26.67	33.33	0.8	3	0.04	79
CableDC#14	1	1	1/C	180	10	25.00	31.25	0.5	2	0.04	79
CableDC#15	1	1	1/C	180	10	25.00	31.25	0.5	2	0.04	79
CableDC#16	1	1	1/C	165	10	26.32	32.89	0.5	1.9	0.04	79
CableDC#17	1	1	1/C	165	10	26.32	32.89	0.5	1.9	0.04	79
CableDC#18	1	1	1/C	135	10	26.67	33.33	0.4	1.5	0.04	79
CableDC#19	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#20	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#21	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#22	1	1	1/C	85	10	30.00	37.50	0.3	1	0.04	79
CableDC#23	1	1	1/C	85	10	30.00	37.50	0.3	1	0.04	79
CableDC#24	1	1	1/C	200	10	26.09	32.61	0.6	2.3	0.04	79
CableDC#25	1	1	1/C	200	10	26.09	32.61	0.6	2.3	0.04	79
CableDC#26	1	1	1/C	200	10	26.09	32.61	0.6	2.3	0.04	79
CableDC#27	1	1	1/C	200	10	26.09	32.61	0.6	2.3	0.04	79
CableDC#28	1	1	1/C	200	10	26.09	32.61	0.6	2.3	0.04	79
CableDC#29	1	1	1/C	170	10	26.32	32.89	0.5	1.9	0.04	79
CableDC#30	1	1	1/C	265	10	26.67	33.33	0.8	3	0.04	79
CableDC#31	1	1	1/C	265	10	26.67	33.33	0.8	3	0.04	79
CableDC#32	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#33	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#34	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#35	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#36	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#37	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#38	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#39	1	1	1/C	140	10	25.00	31.25	0.4	1.6	0.04	79
CableDC#40	1	1	1/C	270	10	26.67	33.33	0.8	3	0.04	79

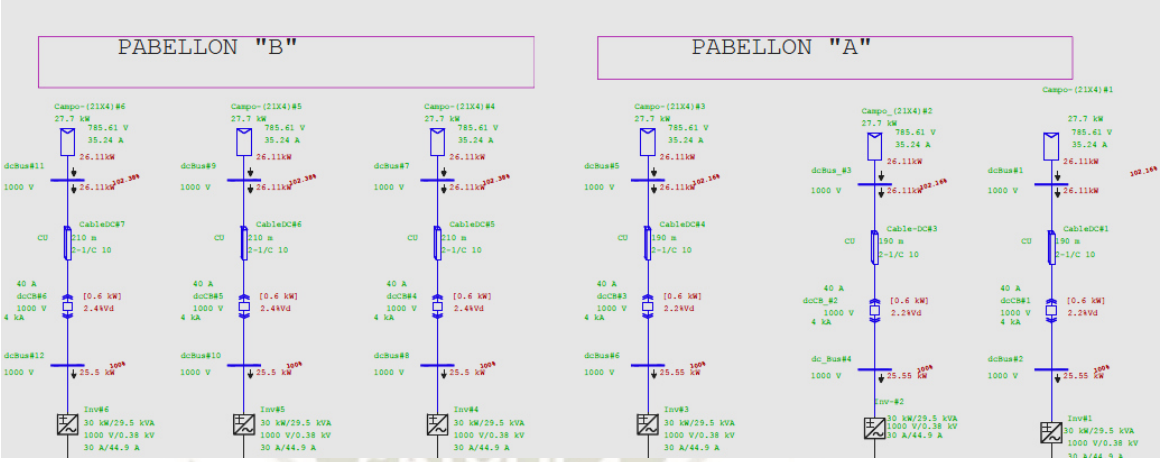
Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 75 Flujo de potencia en DC de alimentadores de inversor

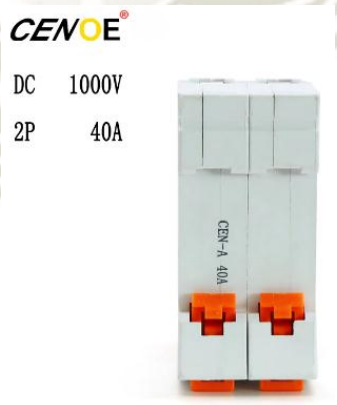


Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

3.4.4.3.2 Interruptores automáticos de protección DC

Conforme a los flujos de potencia en DC se requerirá regular la corriente a por lo menos 35,24 A. Por lo que se seleccionará un interruptor CENB1-63DC (que ofrece distintos rangos de corriente en sus capacidades, se optará la de 40 A, con 4kA de protección contra cortocircuitos, y 1000 V admisibles en DC, el cual tiene un costo económico de 10,14€ (37,4 soles) satisface los requerimientos de protección para cada campo fotovoltaico, de modo que se tendrán que adquirir 39 unidades.

Figura 76 Interruptor CENB1-63DC



Fuente: Aliexpress, 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.4.3.3 Cableado AC:

Para la selección del cable a usarse a la salida de los inversores, se considera su corriente nominal de salida de 24 A (ver Tabla 7) que por un factor de diseño de 25% será de 30 A. Considerando además su salida tetrapolar y las normas NTP IEC, se selecciona el cable NYY Tetrapolar del proveedor "Indeco".

Tabla 13 Capacidad de corriente NYY tetrapolar

Sección (Nxmilímetros cuadrados)	Capacidad al aire libre(A)	Cables en ducto (A)
4x16	76	80
4x25	101	103
4x35	125	125
4x50	1510	149

Fuente: INDECO, 2020

Para las cadenas a la salida de los inversores será NYY-4x16 cumpliendo con la capacidad de corriente según la Tabla 13. Todas las longitudes se considerarán de hasta 100m, por lo que el diseño para cada tramo es el mismo, garantizando también el equilibrio del sistema, siendo además este el diseño hasta la barra central de inversores en BT.

Se ha de evaluar también la caída máxima de tensión, de la Ec. 49, tomando los siguientes valores:

n : Factor de corriente (1,73 para conexiones trifásicas)

L: longitud del cable conductor requerida (m). Se tomarán 100 m (desde la salida de los inversores, hasta la barra en BT de la SE)

S: sección del conductor en (mm^2)

ρ: Resistividad del cable conductor (0,0172 $\frac{\Omega}{m} \cdot mm^2$, para conductores de cobre)

I: Corriente nominal del ramal (24 A)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\Delta V_{máx} = 1{,}73 \cdot \frac{0{,}0172 \cdot 100}{16} \cdot 24\ V$$

$$\Delta V_{máx} = 4{,}46\ V$$

Tabla 14 Cálculo de conductores de salida AC del inversor

ID	kV	Cond. / Phase	Cond. / Cable	Length m	Size mm²	Operating				Constraints	Allowable
						Loading Amps	Designing Amps (1,25)	ΔP kW	Vd %	SC Current kA	Amps
Cable-DC#3	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#1	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#4	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#5	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#6	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#7	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#8	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#9	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#10	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#11	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#12	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#13	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#14	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#15	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#16	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#17	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#18	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#19	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#20	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#21	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#22	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#23	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#24	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#25	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#26	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#27	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#28	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#29	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#30	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#31	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#32	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#33	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#34	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#35	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#36	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#37	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#38	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#39	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80
CableDC#40	0.6-1	1	4/C	100	16	35.9	44.88	0.31	2.28	1.679	80

Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

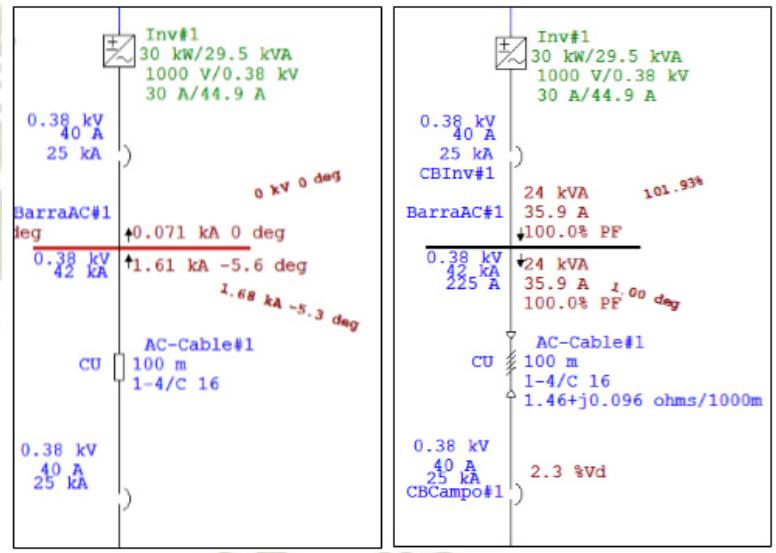
Tendrá que ser menor al 7% de caída de tensión nominal.

$$\Delta V_{máx} < 0{,}07 \cdot (380)\ V$$

$$\Delta V_{máx} < 26{,}6\ V$$

El uso de un conductor de cuatro polos se justifica debido a que se necesita tener el neutro accesible para la conexión de un banco regulador de compensación de energía reactiva, regulación de potencia y de otras características de la onda de tensión en la barra central de inversores, es fundamental para hacer la interconexión con la red del distribuidor externo garantizando la calidad de electricidad. ETAP también permite hacer directamente el cálculo de conductores (ver Tabla 14), cabe destacar que todos los conductores y tramos tienen las mismas características al tratarse de grupos inversores centralizados hacia una barra en BT.

Figura 77 Corriente de cortocircuito en conductores AC de inversores



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

3.4.4.3.4 Interruptores de protección AC

Los dispositivos de protección en AC por grupo inversor a usarse serán interruptores que por lo menos termomagnéticos de 4x40 A conforme a la corriente de operación a la salida de los inversores de 35,9 A y la corriente de cortocircuito de 1,68kA que se muestran en la Figura 77 de derecha a izquierda respectivamente. Entonces, se usarán 39 unidades de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

interruptores "Easy9 MCB 4x40A 4,5kA" con un costo unitario de 111,7 soles aproximadamente, que cumplen con los niveles de tensión y de corriente solicitados.

3.4.5 Diseño de estructuras de soporte

Existe una complejidad para el diseño estructural de los paneles en muchos de los pabellones, debido a la forma curveada de los techos, como lo muestra la Figura 78, por lo que se ha de usar estructuras con pórticos de un solo pilar, dinteles y correas, con la inclinación más eficiente de optimización de energía de 15º, demostrada en el apartado 3.2.3, la estructura además debe garantizar resistencia a diversos factores climáticos.

Figura 78 Techos curveados de pabellones en la UCSM



Fuente: Elaboración propia

3.4.5.1 Emplazamiento

Las estructuras se distribuirán por los techos de pabellones y áreas de toda la universidad, cada estructura deberá soportar a un grupo generador de 84 módulos Panasonic AE7P325-VB5B (21 en serie, 4 paralelo), es decir un total de 27,3 kWp instalados. Estos forman un área horizontal aproximada de 158 m^2 considerando una inclinación de 15º, para fines de cálculo se consideran 160m^2, con estos valores se estima el área requerida por las estructuras(ver Tabla 15), donde se observa que el área de techos disponible satisface el área de estructuras estimada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 15 Emplazamiento y área de estructuras de soporte

PABELLÓN	Área -techos disponible(m^2)	#Campos	DISTRIBUCIÓN DE CAMPOS	Área-estructuras
A	520	3	Campo#1, Campo#2,Campo#3	480
B	490	3	Campo#4, Campo#5,Campo#6	480
C	498	3	Campo#7, Campo#8,Campo#9	480
D	443	3	Campo#10, Campo#11,Campo#12	480
AUDITORIO	255	2	Campo#13, Campo#14	320
H	292	2	Campo#15, Campo#16	320
G	178	1	Campo#17	160
O	486	3	Campo#18, Campo#19,Campo#20	480
CLINICA OD	320	2	Campo#21, Campo#22	320
E	735	5	Campo#23,Campo#24,Campo#25, Campo#26,Campo#27	800
E(comercio)	211	1	Campo#28	160
L	328	2	Campo#29, Campo#30	320
ESTACIONA	1228	8	Campo#31,Campo#32,Campo#33,Campo#34, Campo#35,Campo#36, Campo#37,Campo#38	1280
Chaminade	330	1	Campo#39	160
TOTAL	6314	39		6240

Fuente: Elaboración propia

Ha de notarse que en algunos pabellones no se satisface completamente el área de estructuras, pero al tratarse de pórticos de un solo pilar, existe un gran margen de tolerancia, para extender las estructuras por espacios aéreos en voladizo.

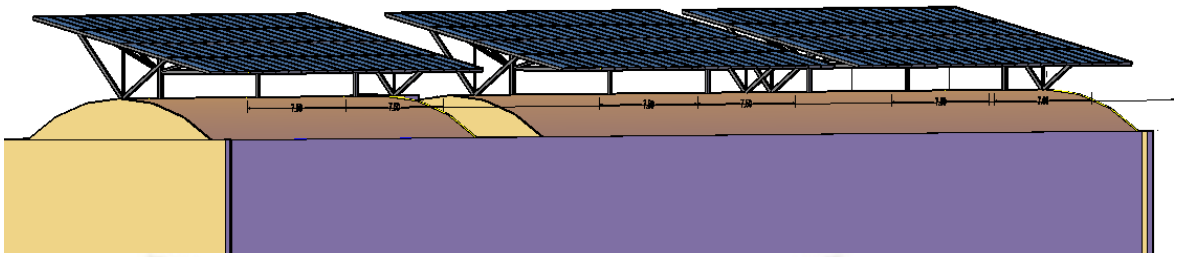
La Figura 79, muestra en vista isométrica con dimensiones a escala del emplazamiento de 3 estructuras de soporte en un pabellón de techo curveado, este emplazamiento se aplica concretamente a los pabellones: “A, B, C y D”, como muestra la Tabla 15.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 79 Emplazamiento de estructuras en pabellones de techo curveado

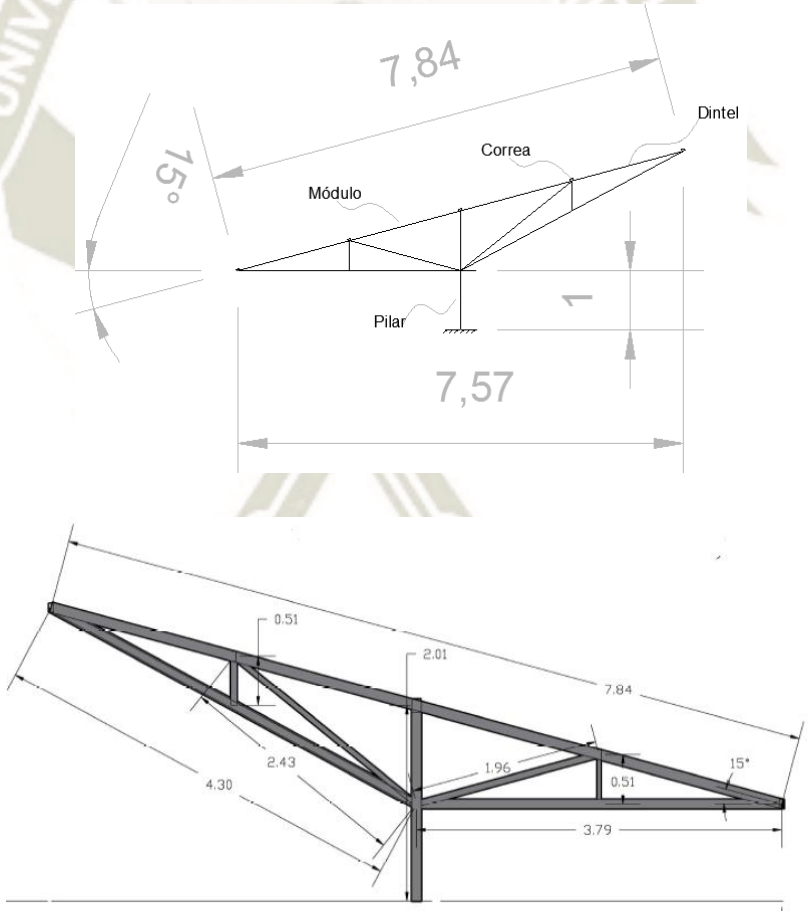


Fuente: Elaboración propia

3.4.5.2 Detalle de estructuras

Las estructuras constarán de 3 pórticos, separados 7,5m entre sí, de 1 pilar empotrado, 1 dintel, y 6 correas de sujeción para los extremos de los módulos.

Figura 80 Descripción de estructura



Fuente: Elaboración propia

Nota: Dimensiones en m

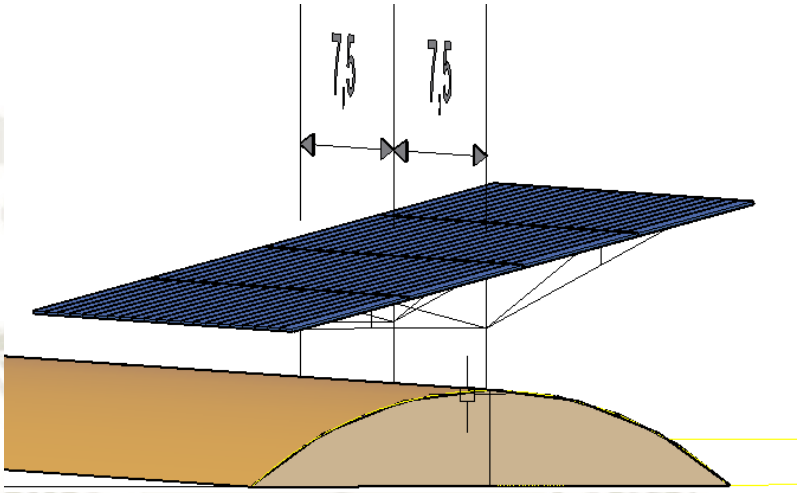
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para determinados pabellones y áreas donde se requiera colocar estructuras adyacentes en paralelo (horizontal), se debe considerar una distancia de por lo menos 1,5 m entre estructuras para facilitar labores de mantenimiento y limpieza.

Figura 81 Distanciamiento entre pórticos



Fuente: Elaboración propia

Nota: Dimensiones en m

3.4.5.3 Selección de materiales

Se usarán estructuras de acero, ASTM A36 (para ángulos y canales en U), ASTM A500 para tubos cuadrados y rectangulares, estos son los aceros que abundan en el mercado para la fabricación de estructuras de acero, que además cuentan con protección galvanizada contra la corrosión ambiental por pedido al proveedor al momento de la compra.

ASTM A36, presenta las siguientes características mecánicas:

- Peso específico: 7849,05 kg-f/m^3
- Módulo de elasticidad: E=199,94kN/mm^2
- Coeficiente de Poisson: U=0,3
- Coeficiente de dilatación térmica: $\alpha=1,17x10^{-5}ºC^{-1}$
- Módulo de rigidez: G=76,9kN/mm^2
- Límite de fluencia: **248,2MPa**
- Límite de rotura:399,9MPa

Por otro lado **ASTM A500**, presenta las siguientes características:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Peso específico: 7849,05 kg-f/m^3
- Módulo de elasticidad: E=199,95kN/mm^2
- Coeficiente de Poisson: U=0,3
- Coeficiente de dilatación térmica: α=1,17x$10^{-5}$$^oC^{-1}$
- Módulo de rigidez: G=76,9kN/mm^2
- Límite de fluencia: **289,6 MPa**
- Límite de rotura:399,9MPa

3.4.5.4 Metodología de cálculo

Se debe considerar diversas cargas que actúan sobre el sistema (carga propia, viento, presión, peso de módulos), luego se deberán determinar las reacciones en las estructuras. El programa SAP2000, permitirá el modelado de tales cargas, mediante el método de elementos finitos permite la obtención de reacciones, esfuerzos, y desplazamientos previa definición de las secciones y propiedades de los materiales, de los cuales el programa ya tiene una base de datos.

3.4.5.5 Cargas consideradas:

3.4.5.5.1 Carga muerta propia

El peso propio de los elementos estructurales, está definido por defecto conforme a la sección y el tipo de material, la carga que se ha de añadir manualmente es la del peso los módulos, dividiendo el peso de cada panel entre el área se obtendrá la carga.

$$W_{PANEL} = \frac{25{,}9\ kg \cdot 9{,}81 m/s^2}{1{,}94 m^2}$$

$$W_{PANEL} = 130{,}97 N/m^2$$

3.4.5.5.2 Cargas vivas según reglamento nacional de edificaciones

Conforme al artículo 7 del RNE vigente E.020 Cargas, que corresponde a cargas vivas sobre el techo que se han de considerar, las cargas vivas que en su versión vigente mostrada en el portal de SENCICO (2019), establece:

"…para techos con inclinación mayor a 3º, con respecto a la horizontal 1,0kPa (100 kgf/m^2) reducida en 0,05kPa(5 kgf/m^2), por cada grado de pendiente por encima de 3º, hasta un mínimo de 0,5kPa(50kgf/m2)".

De modo que se tendrá para la inclinación de 15º:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$W_{viva\ RNE} = 1000\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} - 50\frac{\mathrm{kgf}}{\mathrm{m}^2 \cdot {}^\circ} \cdot (15-3)^\circ$$

$$W_{viva\ RNE} = 400N/m^2$$

La carga resultó menor que 0,5kPa, por lo que se considerará conforme al reglamento:

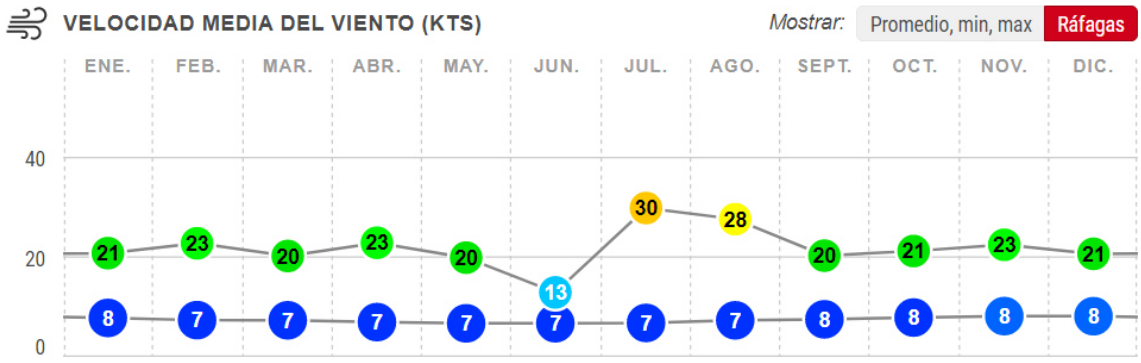
$$W_{viva\ RNE} = 500N/m^2$$

Esta carga viva contempla condiciones de sismo, viento, y otras prescritas en el reglamento

3.4.5.5.3 Carga de viento adicional:

Para determinarla, primero se debe tener en consideración la velocidad del viento en la ciudad de Arequipa (ver Figura 82), se debe tener en cuenta que estas mediciones se realizan a 10 m de altura, se observan una velocidad media de 7 kts (3,6m/s), pero existen ráfagas pico del orden de hasta los 30 kts (14,43m/s) durante el mes de julio, esta será considerada para fines de modelado de carga por viento.

Figura 82 Velocidad del viento en Arequipa



Fuente: Windfinder, 2020

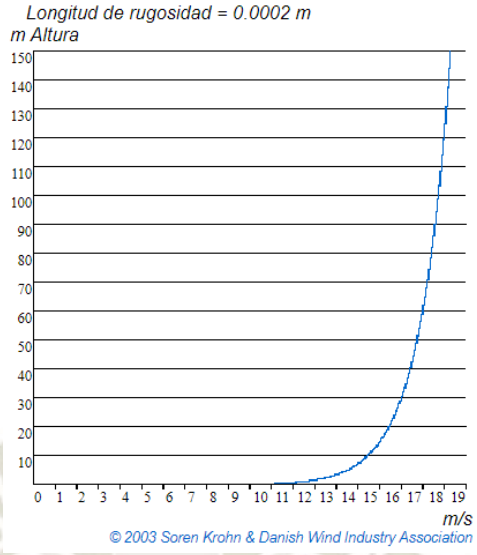
Luego se ha de corregir tal velocidad con la altura a la que están ubicadas la estructuras de soporte que se corresponderá con la altura de los pabellones más elevados, agregándole 3m aproximadamente de la altura de las estructuras hacen 18m, para poder estimar la nueva velocidad del viento se puede hacer uso de herramientas de cálculo de velocidad del viento a diferentes alturas, partiendo de una medición de 14,43 m/s a 10m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 83 Curva de Altura vs velocidad del viento



Fuente: DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATTION, 2020

Se observa de la Figura 83, tal variación de modo que a 18m (altura del proyecto se tendrá una velocidad máxima del viento de 16,4 m/s.

De la Ec. 11, se evaluará la carga de viento a presión con los valores solicitados.

$$Pvp = 0{,}61 \cdot 16{,}4^2\ N/m^2$$

$$Pvp = 164\ N/m^2$$

Ec. 50 Carga de presión de viento

Finalmente, es posible determinar la carga de viento a succión, que representa la fuerza ejercida por el viento hacia arriba. Es posible estimar esta carga considerando un factor de 1,15 como muestra la relación existente entre ambas cargas en reiteradas estimaciones de cálculo de presión y succión de viento en de diseño estructural de paneles fotovoltaicos como lo ha desarrollado Preciado Garcés (2017) en su diseño.

$$Pvs = -1{,}15x164\ N/m^2$$

$$Pvs = -188{,}6\ N/m^2$$

Ec. 51 Carga de viento de succión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De este modo tenemos 3 diferentes tipos de cargas actuantes (presión, succión de viento, y peso de estructuras-módulos), se ha elaborado la Tabla 16 resumiendo los valores de cargas y dirección de acción, las cuales serán objeto de evaluación por simulación de deformaciones y esfuerzos mecánicos, en la primera y segunda evaluación, adicional a ellas se deberá considerar la norma vigente del RNE-E.020 cuyos efectos se analizaron en la tercera evaluación.

Tabla 16 Cuadro resumen de cargas estructurales asignadas

TIPO DE CARGA	Orientación	CARGAS(N/m^2)
Peso módulos	Eje-z	130,97
Viento a presión	Perpendicular (hacia abajo)	164
Viento en succión	Perpendicular (hacia arriba)	-188,6

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.6 Análisis estructural

El análisis estructural se ha desarrollado de la siguiente manera:

Las hipótesis de cargas 1 y 2, consideran las siguientes cargas mostradas en la Tabla 17, de modo que las combinaciones 1 y 2, designadas respectivamente como “COMB1” y “COMB2”, consideran la carga muerta por el peso de los paneles y la estructura y la carga de viento adicional máxima ya sea en presión y succión.

Tabla 17 Asignación de cargas, combinaciones 1 y 2

Nombre de combinación	Tipo de combo	Carga	Factor de escala
COMB1	Lineal	Peso propio	1.
COMB1		Presión de viento	1.
COMB1		DEAD	1.
COMB2	Lineal	DEAD	1.
COMB2		Peso propio	1.
COMB2		Succión de viento	1.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para la tercera y última evaluación se simulan las combinaciones de finidas en la tabla anterior, en conjunto con las cargas consideradas por reglamento, siendo la combinación 3 (COMB3) y la combinación 4 (COMB4), los otros dos posibles escenarios con cargas vivas (sismo, lluvia, viento, etc.), en conformidad al RNE E.020. Estas combinaciones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 18 Asignación de cargas, combinaciones 3 y 4

Nombre de combinación	Tipo de combo	Carga	Factor de escala
COMB3	Lineal	COMB1	1.
		VIVA(sismo, lluvia, viento etc)	1.
COMB4	Lineal	COMB2	1.
		VIVA(sismo, lluvia, viento etc)	1.

Fuente: Elaboración propia

3.4.5.6.1 Primera evaluación

Inicialmente se ha de identificar las secciones de cada elemento, sabiendo también las dimensiones de la estructura para dar inicio a la simulación por elementos finitos. Se debe tener sumo cuidado con las secciones a importar en SAP 2000, por lo que se ha de definir secciones comerciales para cada elemento según los proveedores en nuestro caso se han tomado las secciones tubulares, canales U y ángulos en L del catálogo de perfiles comerciales de Aceros Arequipa (Aceros Arequipa, 2020).

Tabla 19 Perfiles iniciales considerados para elementos estructurales

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES
Pilar	Tubo	ASTM A500	100x100x6
Correa	Tubo	ASTM A500	100x50x4
Diagonal A	Ángulo L	ASTM A36	2 1/2x2 1/2x1/4
Diagonal B	Ángulo L	ASTM A36	2 1/2x2 1/2x1/4
Diagonal C	Ángulo L	ASTM A36	2 1/2x2 1/2x3/16
Diagonal D	Ángulo L	ASTM A36	2 1/2x2 1/2x3/16
Diagonal E	Ángulo L	ASTM A36	2 1/2x2 1/2x3/16
Diagonal F	Ángulo L	ASTM A36	2 1/2x2 1/2x3/16
Dintel	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie(4x1.721)

Fuente: Elaboración propia

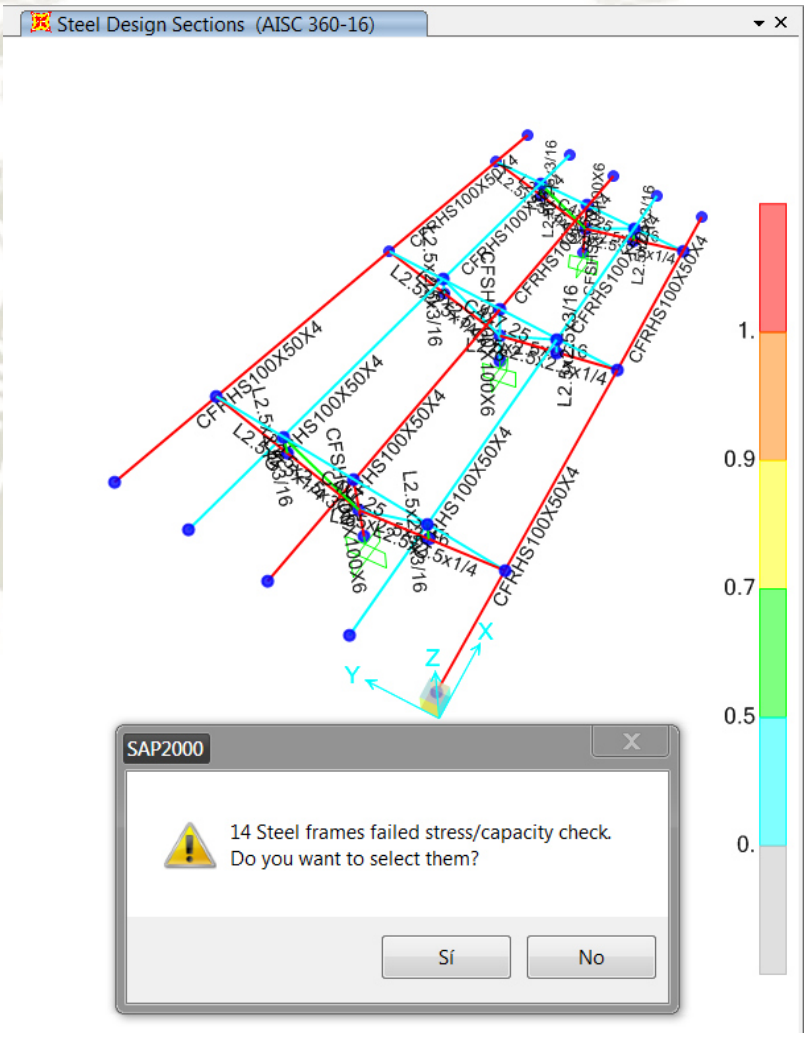
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tras modelar la geometría, elementos, secciones y cargas establecidas, se corre el análisis del módulo de diseño de estructuras por resistencia mecánica de SAP 2000, se obtienen los resultados mostrados en la Figura 84, en color rojo se observa que muy pocos de los elementos determinados en la Tabla 19, pasan la comprobación por resistencia mecánica (14 perfiles fallan, superando su límite de fluencia). Además se observan otros elementos en celeste que están sobredimensionados y son un diseño poco económico.

Figura 84 Análisis por resistencia mecánica, primera evaluación



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en este caso de análisis, se deberá tomar en consideración de las cargas consideradas dos escenarios para el posterior rediseñado de perfiles o geometría:

-Combinación 1: Se observa en la Figura 85, que la distribución de cargas es casi simétrica ente los pórticos extremos (en adelante A y C, respectivamente), también se

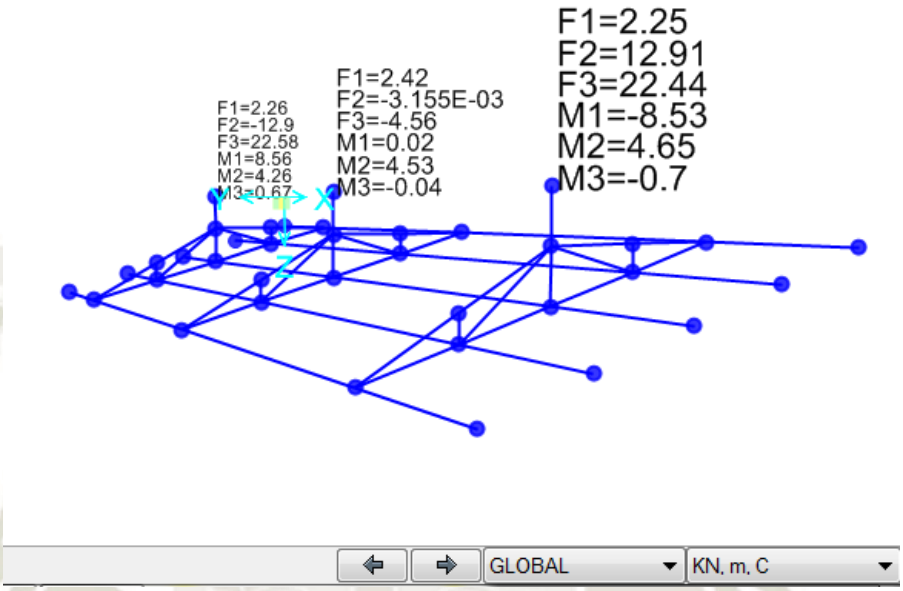
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

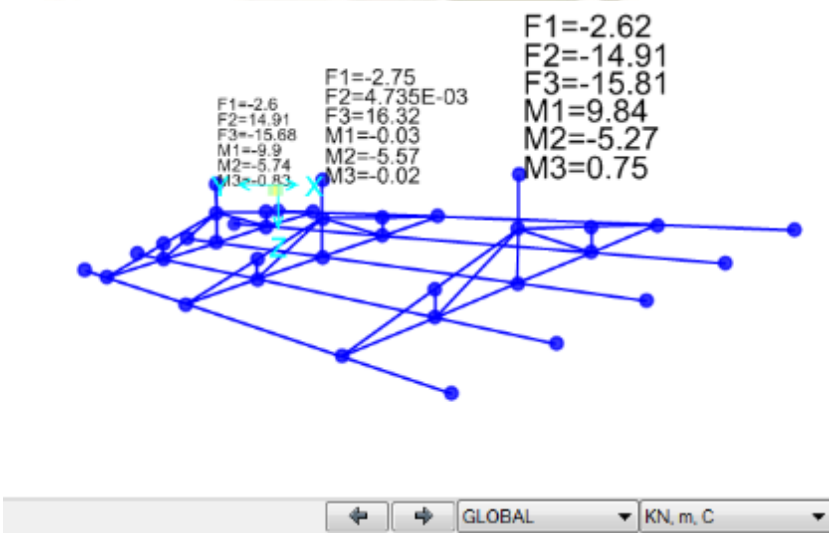
observa mayor flexión en los mismos a diferencia del pórtico central (pórtico B), entonces se sugiere disminuir la sección del pilar del pórtico B. El efecto de la torsión en los pilares es mínimo, naturalmente por tratarse de una estructura sometida solamente a cargas gravitacionales y de viento principalmente.

Figura 85 Reacciones en los apoyos, combinación 1



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software SAP2000

Figura 86 Reacciones en los apoyos, combinación 2



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software SAP2000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

-Combinación 2: La Figura 86 muestra que la distribución de reacciones axiales son simétricas y actúan como elementos de sujeción a tracción en los pórticos A y C (esto por la acción del viento, en tracción de los pilares hacia arriba), se observa una mayor flexión en los mismos superior al de la primera hipótesis, por otro lado el pórtico B actúa a compresión pero su flexión es mínima en contraste con A y C.

3.4.5.6.2 Segunda evaluación:

En vista de los resultados inadmisibles observados en la primera evaluación, se procede a rediseñar los perfiles de los elementos inicialmente propuestos, observando que los pórticos extremos son sometidos a mayores esfuerzos se tendrá que reforzarlos con respecto al pórtico central y agregar dos dinteles de mayor sección a los extremos para dar mayor resistencia a la flexión y distribuir la carga de los voladizos, de este modo, tendrá que ser diferente el diseño de perfiles de los pórticos A, B y C entre sí.

Tabla 20 Perfiles evaluados para pórticos extremos (A-C)

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	PORTICO(PERFIL)
Pilar	Tubo	ASTM A500	100x100x6	Pórticos A-C
Diagonal A	Ángulo L	ASTM A36	3x3x1/2	Pórticos A-C
Diagonal B	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	Pórticos A-C
Diagonal C	Ángulo L	ASTM A36	2 1/2x2 1/2x3/16	Pórticos A-C
Diagonal D	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	Pórticos A-C
Diagonal E	Ángulo L	ASTM A36	2 1/2x2 1/2x3/16	Pórticos A-C
Diagonal F	Ángulo L	ASTM A36	1 1/2x1 1/2x1/4	Pórticos A-C
Dintel	Ángulo L	ASTM A36	1 1/2x1 1/2x3/16	Pórticos A-C
Dintel-Voladizo	Canal U	ASTM A36	4"x5.4lbs/pie	Extremo A
Dintel-Voladizo	Canal U	ASTM A36	4"x5.4lbs/pie	Extremo C

Fuente: Elaboración propia

La nueva evaluación de los elementos y sus secciones asignadas de muestran de la Tabla 20 a la Tabla 22, se hizo con cálculos reiterativos de carga combinada, según las hipótesis

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

consideradas, por simetría se tiene que los pórticos extremos (Ay C) geométrica y estructuralmente serán iguales(ver Tabla 20), tanto la sección del pilar del pórtico B como sus diagonales se han reducido (ver Tabla 21), pues se satisface con creces las cargas solicitadas.

Tabla 21 Perfiles evaluados para el pórtico intermedio (B)

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	PORTICO(PERFIL)
Pilar	Tubo	ASTM A500	100x50x3	Pórtico B
Diagonal A	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	Pórtico B
Diagonal B	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	Pórtico B
Diagonal C	Ángulo L	ASTM A36	1 1/2x1 1/2x1/4	Pórtico B
Diagonal D	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	Pórtico B
Diagonal E	Ángulo L	ASTM A36	1 1/2x1 1/2x1/4	Pórtico B
Diagonal F	Ángulo L	ASTM A36	1 1/2x1 1/2x1/4	Pórtico B
Dintel	Ángulo L	ASTM A36	1 1/2x1 1/2x3/16	Pórtico B

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que para este diseño se han agregado dos dinteles en voladizo para los extremos de los pórticos A y C, sujetando las correas y distribuyendo de una mejor manera las cargas. Para ello se han previsto dos canales idénticos ASTM A36 de 4"x5.4lbs/pie en C (ver Tabla 20). Además se han reforzado simétricamente las correas con las secciones en C y tubos rectangulares mostrados en la Tabla 22.

Tabla 22 Perfiles evaluados de correas

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	PORTICO(PERFIL)
Correa A	Tubo	ASTM A500	100x50x4	Correa
Correa B	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	Correa
Correa C	Tubo	ASTM A500	150x100x6	Correa
Correa D	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	Correa
Correa E	Tubo	ASTM A500	100x50x4	Correa

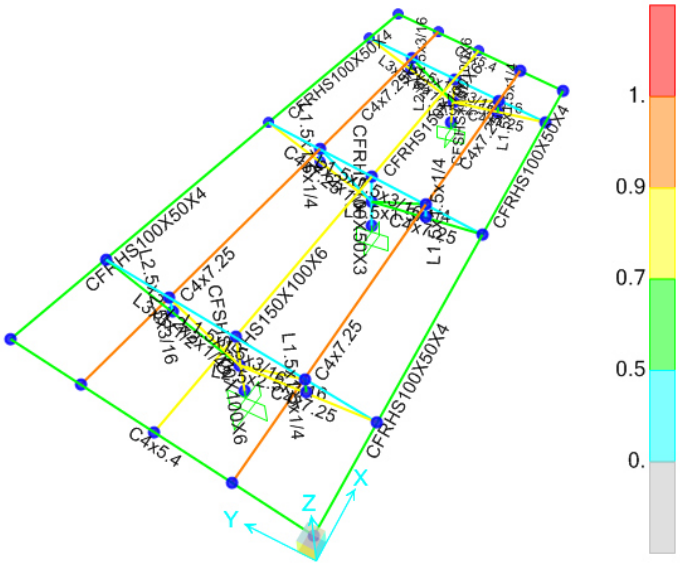
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

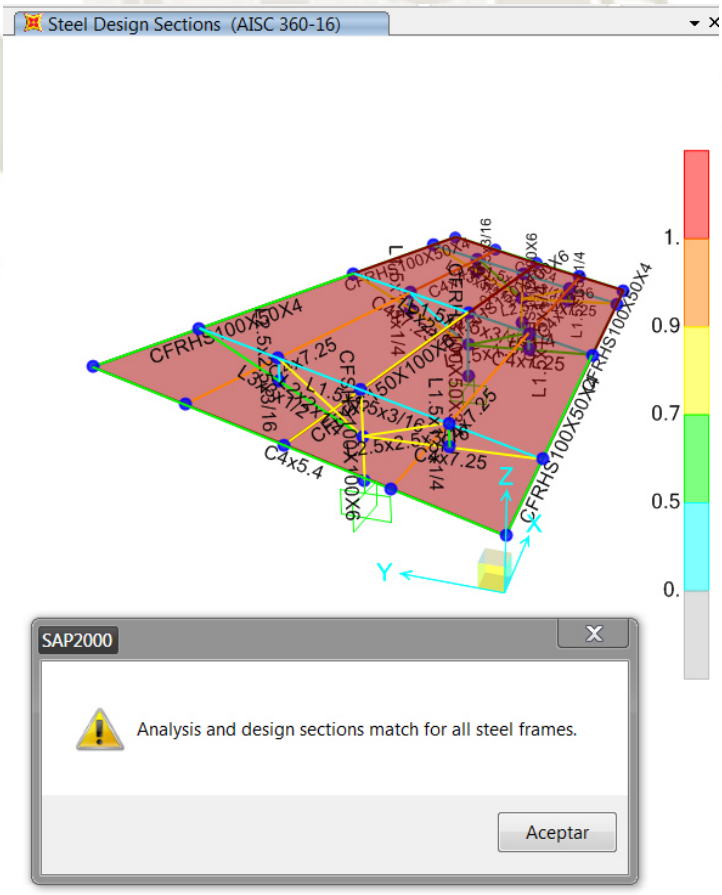
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 87 Análisis por resistencia mecánica, segunda evaluación



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software SAP2000

Figura 88 Verificación estructural de secciones de soportes, segunda evaluación



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software SAP2000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente, este nuevo diseño y selección de perfiles satisface y maximizan económicamente la estructura, la simulación muestra que todos los elementos satisfacen las hipótesis de carga consideradas que además (ver escala de colores) han sido seleccionados para economizar el diseño, por lo que se garantiza su construcción y satisface diferentes códigos de diseño adicionales y consideraciones de evaluación incluidos en la base de datos de SAP2000 (ver Figura 88).

3.4.5.6.3 Tercera evaluación

Tabla 23 Espectro sísmico simulado por SAP2000, según NTP E.030 (2016)

Name	Period Sec	Accel	FuncDamp	Zone	Category	SoilType	Ia
Sismo	0.	0.116071	0.05	Zone 3	B	S1	1.
Sismo	0.1	0.116071					
Sismo	0.2	0.116071					
Sismo	0.3	0.116071					
Sismo	0.4	0.116071					
Sismo	0.5	0.092857					
Sismo	0.6	0.077381					
Sismo	0.7	0.066327					
Sismo	0.8	0.058036					
Sismo	0.9	0.051587					
Sismo	1.	0.046429					
Sismo	1.2	0.03869					
Sismo	1.5	0.030952					
Sismo	1.7	0.027311					
Sismo	2.	0.023214					
Sismo	2.5	0.018571					
Sismo	3.	0.012897					
Sismo	3.5	0.009475					
Sismo	4.	0.007254					
Sismo	5.	0.004643					
Sismo	8.	0.001814					
Sismo	11.	0.000959					
Sismo	15.	0.000516					

Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software SAP2000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

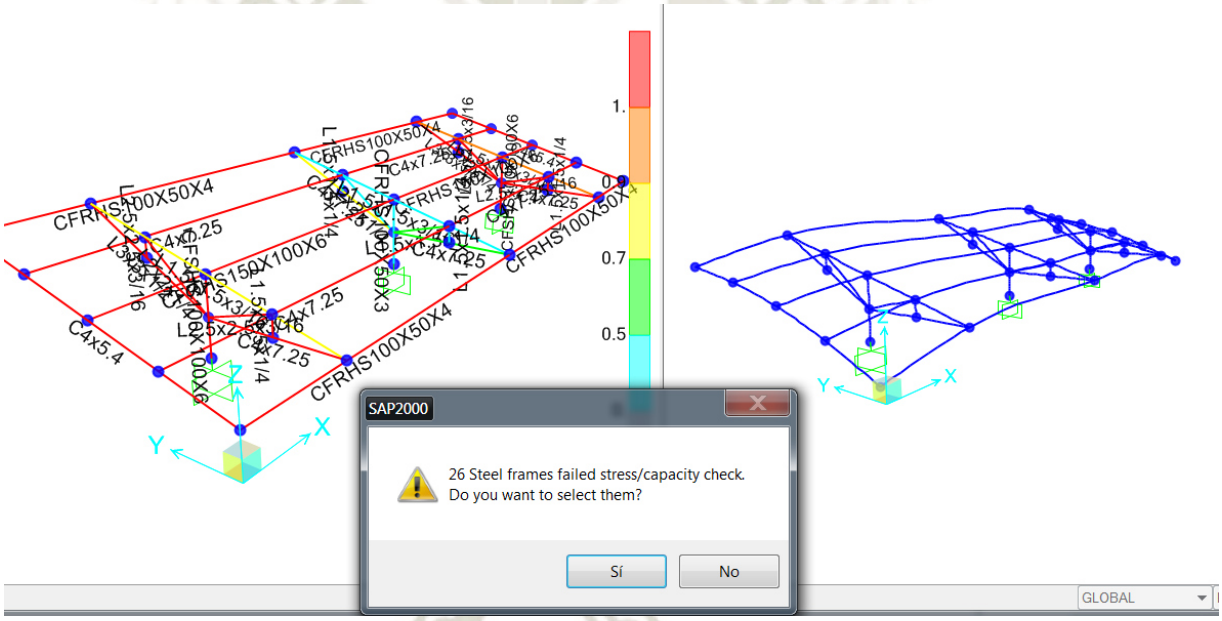
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

A pesar de los análisis previos para optimizar la estructura y garantizar un diseño integral se ha de prever una respuesta a cargas sísmicas según la norma técnica peruana E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE"(2016), cuyo modelo se encuentra dentro de la base de datos de SAP2000 (véase la Tabla 23), además de las cargas contempladas por el RNE vigente "E.020 Cargas" que considera diversas cargas vivas en general(sismo, viento, lluvia) las cuales han sido calculada en la página 105.

Los resultados mostrados en la segunda evaluación, a pesar de satisfacer las cargas muertas de los módulos fotovoltaicos y la carga de viento máxima en succión y presión, no satisfacen las cargas vivas consideradas en el RNE, como se observa en la Figura 89, 26 elementos fallan por sobre esfuerzo y deformación.

Figura 89 Segundo modelo de simulación de estructura



Fuente: Elaboración propia

Al observarse la gran deformación de las correas en voladizo, para la selección final de elementos, se tendrá que reforzarlos con dos pilares extremos que además tengan diagonales de soporte, de modo que en lugar de 3 puntos de apoyo, se tengan 5 , incluyendo además 4 diagonales de refuerzo. A estos pórticos extremos se les designará como A' y C' los cuales por simetría serán completamente iguales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 24 Perfiles seleccionados para pórticos extremos (A'-C')

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	PORTICO(PERFIL)
Pilar	Ángulo L	ASTM A36	L1.5x1.5x1/4	Pórticos A'-C'
Diagonal A	Tubo	ASTM A500	100X50X5	Pórticos A'-C'
Diagonal B	Tubo	ASTM A500	100X50X5	Pórticos A'-C'
Dintel-Voladizo	Tubo	ASTM A500	100X100X8	Extremos A'-C'

Fuente: Elaboración propia

Los nuevos pórticos de apoyo constan de 4 elementos mostrados en la Tabla 24, las diagonales servirán como refuerzo del pilar con sección L1.5x1.5x1/4, e irán soldados lo más cercanos al punto de empotramiento del pilar. Con esta nueva estructura también se optimiza la capacidad de carga de los elementos de los demás pórticos y correas consideradas en la segunda evaluación, por lo que se han rediseñado los perfiles para economizar el sistema, manteniendo los márgenes de seguridad en el diseño. La lista final de los elementos seleccionados de los pórticos A-C, B, y de las correas se describen en las tablas: Tabla 25, Tabla 26, y Tabla 27 respectivamente.

Tabla 25 Perfiles seleccionados para pórticos extremos (A-C)

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	PORTICO(PERFIL)
Pilar	Canal U	ASTM A36	4"x5.4lbs/pie	Pórticos A-C
Diagonal A	Tubo	ASTM A500	100x50x3	Pórticos A-C
Diagonal B	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	Pórticos A-C
Diagonal C	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	Pórticos A-C
Diagonal D	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	Pórticos A-C
Diagonal E	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	Pórticos A-C
Diagonal F	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	Pórticos A-C
Dintel	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	Pórticos A-C

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 26 Perfiles seleccionados para el pórtico intermedio (B)

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	PORTICO(PERFIL)
Pilar	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	Pórtico B
Diagonal A	Ángulo L	ASTM A36	2.5x2.5x1/4	Pórtico B
Diagonal B	Ángulo L	ASTM A36	2.5x2.5x3/16	Pórtico B
Diagonal C	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	Pórtico B
Diagonal D	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	Pórtico B
Diagonal E	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	Pórtico B
Diagonal F	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	Pórtico B
Dintel	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	Pórtico B

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Perfiles seleccionados para correas

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	PORTICO(PERFIL)
Correa A	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	Correa
Correa B	Ángulo L	ASTM A36	3x3x5/16	Correa
Correa C	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	Correa
Correa D	Ángulo L	ASTM A36	3x3x5/16	Correa
Correa E	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	Correa

Fuente: Elaboración propia

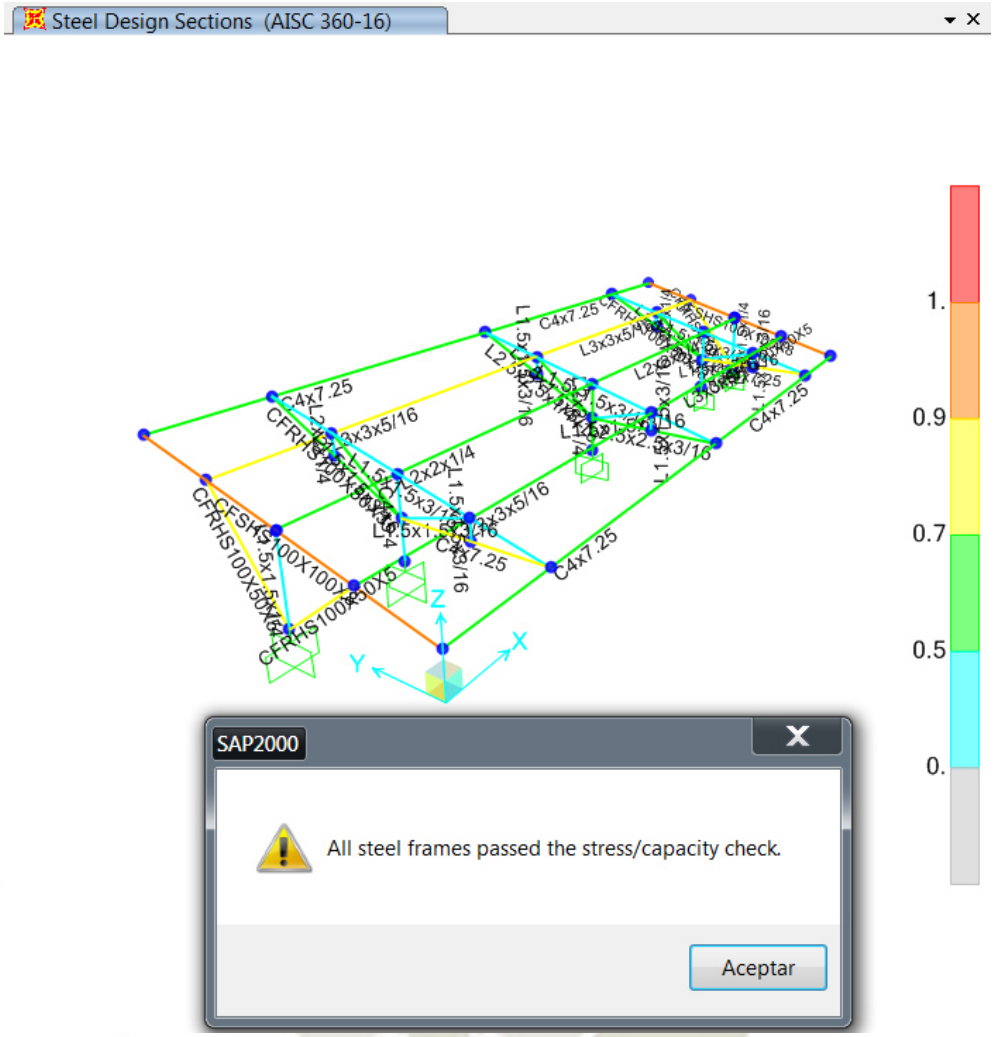
Finalmente, este modelo ha sido sometido a simulación, de todas las combinaciones de carga consideradas, de la Tabla 17(Carga muerta; peso propio de módulos, elementos estructurales; Carga viva: carga de viento máxima en succión y presión) y de la Tabla 18(Carga viva según RNE E.030; que incluye efectos de sismo, lluvia, viento, etc.).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 90 Simulación de resistencia y deformaciones mecánicas, tercera evaluación



Fuente: Elaboración propia

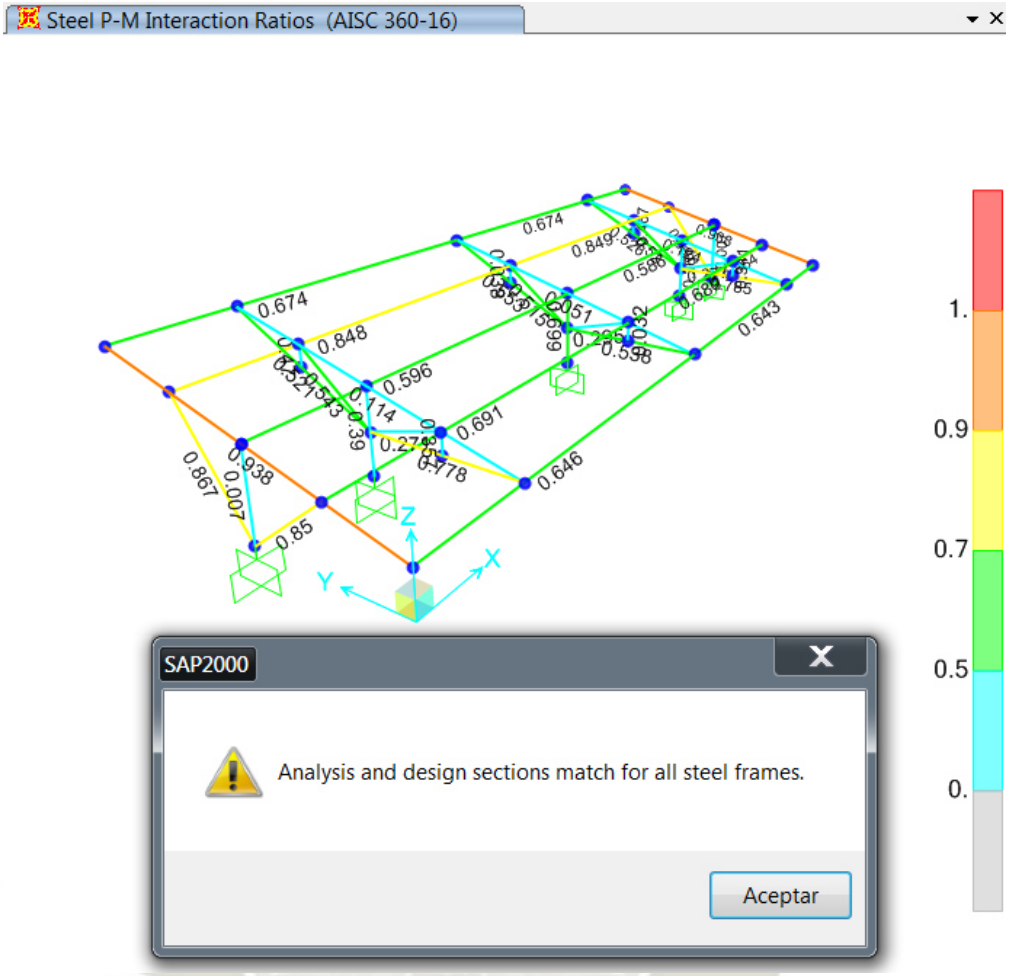
Los resultados de esta tercera evaluación han sido satisfactorios, pues ningún elemento falla ante las cargas y sus combinaciones descritas, asimismo, se observa un diseño optimizado, teniendo los elementos en su capacidad más óptima y confiable , cabe señalar que estándar de evaluación usado por defecto fue ANSI/AISC 360-16, estándar estadounidense de gran aceptación internacional disponible en SAP2000, del mismo modo se han cumplido con los estándares de simulación peruanos en la definición de las cargas y diseño sismo resistente contemplados en las Normas E.020 y E.030 respectivamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 91 Verificación estructural de secciones de soportes, tercera evaluación



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD, DESEMPEÑO Y OPERACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1 Evaluación de factibilidad económica de los sistemas propuestos

Para ambos sistemas (GD y generación autónoma), se han de analizar costos y factibilidad económica para poder determinar la mejor opción costo-efectiva. Para tal efecto, primero es necesario identificar los costos de inversión inicial, que incluyen: equipos eléctricos, instalación, estructuras de soporte, costo de transporte-envío, costos de ingeniería, entre otros. Luego se deben también considerar los costos de operación anuales que incluyen principalmente: mantenimiento (correctivo, preventivo) y seguros.

4.1.1 Detalle de costos de sistemas fotovoltaicos propuestos

Para hacer una evaluación de costos, además de evaluar los costos de los equipos principales, se han tomado razones y proporciones aproximadas de costos de logística, mantenimiento, ingeniería e instalación de equipos considerados por Fedorov (2015) en la Tabla 28, autor de un proyecto de tesis donde ha evaluado distintos escenarios y configuración para el diseño de sistemas fotovoltaicos de GD aplicando ha estimado conforme a investigaciones previas y su experiencia tales costos en porcentaje de los equipos, así como los costos de operación y mantenimiento anuales.

Tabla 28 Costos iniciales y anuales estimados para un sistema fotovoltaico

Estructuras de montaje(soles/Wp)	En módulos de silicio monocristalino	0,515
	En módulos de silicio policristalino	0,552
Costos de inversión (% de equipos)	Componentes eléctricos (cables, ductos, cajas de unión , etc)	10
	Instalación (mano de obra)	15
	Transportes de activos	2
	Ingeniería de proyecto	5
Operación y mantenimiento (soles/kWp-año)	Mantenimiento preventivo	11
	Mantenimiento correctivo	4
	Seguro	22

Fuente: Fedorov, 2015

Nota: Se ha asumido una tasa de cambio de 3,68soles/€

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.1.1 Costos y metrado de estructuras de soporte

Una vez seleccionados los perfiles de las estructuras, se han calculado y metrado los elementos estructurales para los 39 campos fotovoltaicos (ver Tabla 29), haciendo un total de 67,1 toneladas de acero requeridos para los perfiles. Luego se ha de evaluar la cuantía de acero, es decir los kg-f de acero de elementos estructurales usados por m^2 de superficie horizontal usada para estructuras de pórticos y considerando el área horizontal total de la Tabla 15, esta se ha calculado en la Ec. 52, considerando un margen de respaldo del 10%, motivo por el cual se ha multiplicado por el factor de 1,1. El resultado obtenido fue una cuantía de 11,5 kg/m^2.

Tabla 29 Metrado total de perfiles estructurales

Rótulos de fila	Suma de Longitud total (m)	Suma de Peso total (kg-f)
ASTM A36	**6734.2**	**50190.7**
Ángulo L	**4222.2**	**23642.6**
L1.5x1.5x1/4	156.8	546.4
L1.5x1.5x3/16	1509.9	4029.5
L2x2x1/4	930.6	4420.3
L3x3x5/16	1624.9	14646.5
Canal U	**2077.4**	**21976.9**
4"x5.4	157.1	1265.2
4"x7.25	1920.2	20711.7
Tubo	**434.6**	**4571.2**
100X50X5	434.6	4571.2
ASTM A500	**1261.8**	**16951.7**
Ángulo L	**315.2**	**1684.4**
L2.5x2.5x1/4	167.5	1009.7
L2.5x2.5x3/16	147.7	674.7
Tubo	**946.6**	**15267.3**
100x100x8	611.5	13055.6
100X50X3	335.1	2211.7
Total general	**7996.0**	**67142.4**

Fuente: Elaboración propia

Una vez estimada la cuantía, mediante un software generador de precios unitarios peruano de uso libre en la Web (CYPE Ingenieros S.A., 2020), ingresando la cuantía y luces de correas y apoyos de pórticos establecidos, se estiman los precios por m^2. Estos incluyen: costos de materiales, equipos, herramientas y mano de obra, que son considerados costos directos. Por otro lado también se estima el costo indirecto por mantenimiento decenal

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Cuantía(ac) = 1{,}1 \cdot \frac{67142kg - f}{6420m^2}$$

Ec. 52 Cantidad estimada de acero de las estructuras por metro cuadrado

$$Cuantía(ac) = 11{,}5\ \frac{kg - f}{m2}$$

El reporte y las consideraciones de entrada consideradas por el programa en base a las dimensiones y cuantía de acero solicitadas establecen el análisis con las siguientes restricciones:

"Estructura metálica realizada con pórticos y correas de acero A 36, en perfiles laminados en caliente, de las series IPN, IPE, HEA, HEB o HEM, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, con una cuantía de acero de 11,46 kg/m², para distancia entre apoyos inferior a 10 m, separación de 4 m entre pórticos y una altura de columnas de hasta 5 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje." (CYPE Ingenieros S.A., 2020)

Tabla 30 Precios unitarios de estructuras de soporte de campos fotovoltaicos

Unidad	Descripción	Cantidad	**Precio unitario**	**Precio parcial**(S/.)
	Materiales			
kg	Acero laminado A 36, en perfiles laminados en caliente, según ASTM A 36, piezas simples, para aplicaciones estructurales, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	11.50	2.83	32.43
		Subtotal materiales:		**32.43**
	Equipos			
h	Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente.	0.010	20.35	0.20
h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0.015	8.83	0.13
Ud	Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, motor diésel, de 16 m de altura máxima de trabajo, incluso mantenimiento y seguro de responsabilidad civil.	0.010	333.03	3.33
h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 12 t y 20 m de altura máxima de trabajo.	0.010	135.31	1.35
		Subtotal equipos:		**5.01**
	Mano de obra			
h	Operario en estructura metálica.	0.334	22.56	7.54
h	Oficial en estructura metálica.	0.334	15.62	5.22
		Subtotal mano de obra:		**12.76**
	Herramientas			
%	Herramientas	2.000	50.20	1.00
Nota: Coste de mantenimiento decenal: S/. 1,54 en los primeros 10 años.		**Costos directos** (1+2+3+4):		51.20

Fuente: CYPE Ingenieros S.A., 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Finalmente, para obtener los costos directos (Cd) e indirectos (Cin) de las estructuras se estiman del producto por el área horizontal total y los costos unitarios previamente determinados. Se debe tomar en cuenta que los costos indirectos de mantenimiento serán considerados cada periodo de 10 años al ser los mismos principalmente de mantenimiento durante el tiempo de vida del sistema.

$$Cestr = 51{,}2\ \frac{soles}{m^2} \cdot 6420\ m^2$$

$$Cestr = 328\ 704\ soles$$

$$Cestr - dec = 1{,}54\ \frac{soles}{m^2} \cdot 6420\ m^2$$

$$Cestr - dec = 9\ 887\ soles$$

4.1.1.2 Costos de un sistema de GD

Para fines de costeo se tomarán en cuenta los principales equipos que se han diseñado en la sección 3.4.4, estos incluyen; cableado AC/DC, paneles, inversores y dispositivos de protección principalmente, los demás costos de componentes eléctricos incluyen cajas de conexión, conectores DC, ductos para conductores, entre otros. Los costos unitarios de los equipos principales han sido consultados de portales de venta de proveedores, habiéndose tomado una tasa de cambio de 3,4 USD/sol y 3,68€/sol (aplica tanto a la Tabla 31 como a la Tabla 32). Estos costos son considerados los activos y suman un total de 2,4 millones de soles.

Sumados a los costos de activos, se debe añadir costos de inversión adicionales que incluyen costos de instalación, montaje, ingeniería, transporte y de las estructuras de soporte (ver detalle en la pág. 122). Estos, junto a los activos hacen un total de costo de inversión de 3,2 millones de soles. En proporción de costos de inversión se observa que principalmente incluyen módulos fotovoltaicos e inversores (ver Figura 92), siendo estos el 72% de los costos totales de inversión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 31 Costos de un sistema de GD para la UCSM

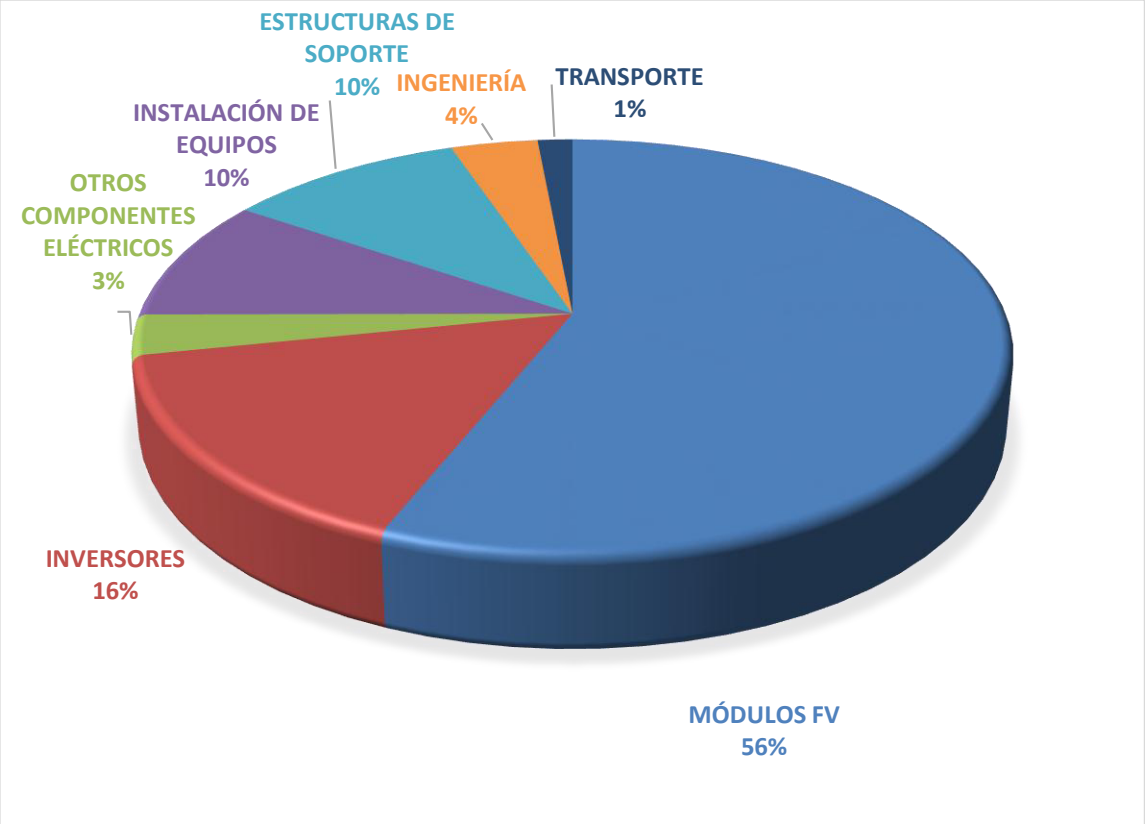
Equipos	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal parcial
Módulo 325 Wp AE7P325-VB5B	unid.	3276	S/. 464.10	S/. 1,520,391.60
Inversor Sunny tripower 20000 TL-US	unid.	42	S/. 10,068.55	S/. 422,879.10
Interruptor DCCENB1-63DC2P(40A 4kA)	unid	39	S/. 37.40	S/. 1,458.60
Cable DC H1Z2Z2-K 2-1x10	m	21660	S/. 0.54	S/. 11,696.40
Interruptor AC Easy9 MCB 4x40A4,5kA	unid.	39	S/. 89.90	S/. 3,506.10
Cable AC NYY-4x16 Indeco	m	5650	S/. 1.70	S/. 9,605.00
Otros componentes(cajas de unión, ductos, conectores, etc)				S/. 59,086.08
			TOTAL(sin IGV)	S/. 2,028,622.88
			IGV (18%)	S/. 365,152.12
			TOTAL ACTIVOS	S/. 2,393,775.00
Costos de logística, montaje, instalación y proyecto				
Instalación de equipos				S/. 304,293.43
Ingeniería de proyecto				S/. 119,688.75
Transporte de activos				S/. 47,875.50
Estructuras de soporte(diseño, manufactura y montaje)				S/. 328,704.00
			TOTAL COSTO INICIAL	S/. 3,194,336.68
Costos Anuales de Operación y Mantenimiento				
Mantenimiento preventivo				S/. 11,660.00
Mantenimiento decenal de estructuras(anualizado)				S/. 989.00
Mantenimiento correctivo				S/. 4,240.00
Seguros				S/. 23,320.00
			Total anual de mantenimiento y operación	S/. 40,209.00
			Total mantenimiento y operación-25 años	S/. 1,005,225.00
			TOTAL GENERAL	S/. 4,199,561.68

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 92 Costos de inversión del sistema fotovoltaico de GD en %



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, los costos de operación y mantenimiento son anualidades de 40209 soles, durante 25 años del total de vida estimada ascenderían a 1 millón de soles, haciendo del costo total general del proyecto aproximadamente de 4,2 millones de soles.

4.1.1.3 Costos de equipos eléctricos de un sistema autónomo

El coste de este sistema es conforme a la sección 3.4.3, incluye además de los paneles, controladores de carga MPPT, Inversores y baterías como activos principales. Entre los otros componentes eléctricos considerados se incluyen cableado DC y AC, cajas de conexión, interruptores de protección, conectores de conexión y otros; de modo que en su conjunto todos los activos hacen un total estimado de 6,9 millones de soles. Estos, sumados a los costos de ingeniería, instalación, transporte y estructuras de soporte hacen un costo inicial de inversión de 8,9 millones de soles aproximadamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 32 Costos de un sistema autónomo para la UCSM

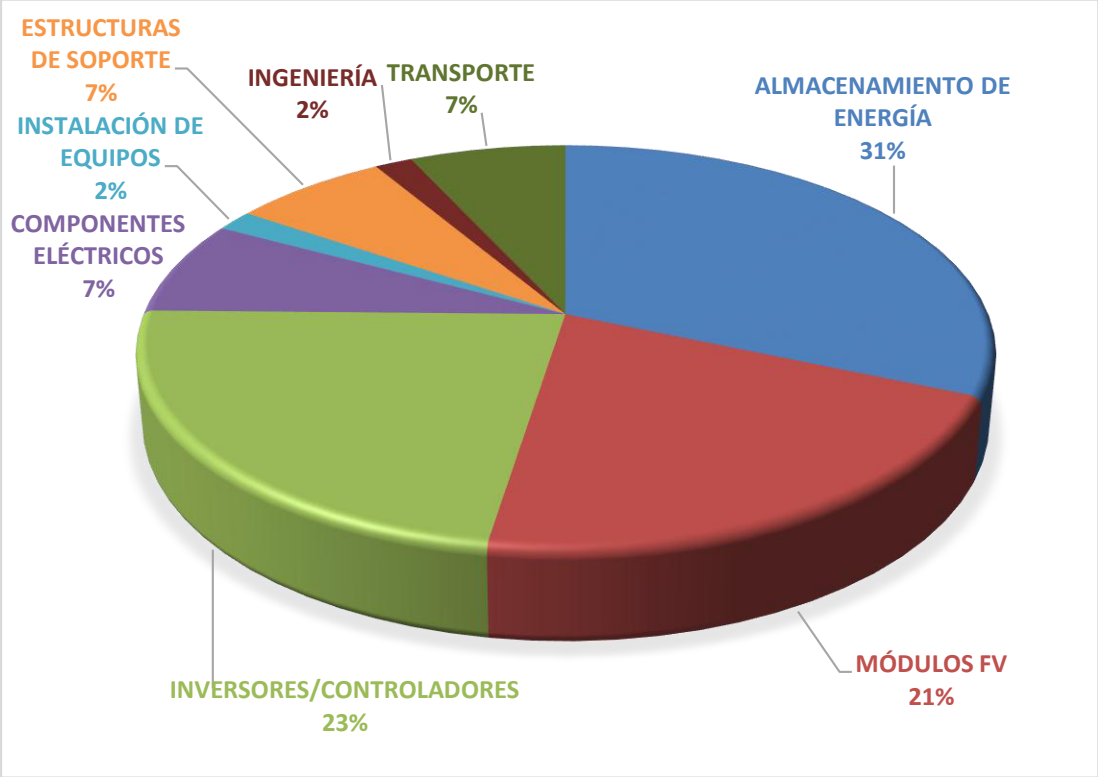
Equipos	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal parcial
Módulo 325 Wp AE7P325-VB5B	unid.	3216	S/. 464.10	S/.1,492,545.60
MPPT Blue solar MPPT 150/85	unid.	268	S/. 2,393.02	S/. 641,329.36
Inversor Phoenix C48/5000	unid.	268	S/. 3,634.00	S/. 973,912.00
Baterías Hoppecke 363A-h 5OPzS 250	unid.	536	S/. 4,158.60	S/.2,229,009.60
Otros componentes eléctricos (cableado, interruptores, ductos, conectores, cajas de unión)				S/. 533,679.60
			TOTAL(sin IGV)	S/.5,870,476.16
			IGV (18%)	S/.1,056,685.71
			TOTAL ACTIVOS PRINCIPALES	S/.6,927,161.87
Costos de logística, montaje, instalación y proyecto				
Instalación de equipos				S/. 880,571.42
Ingeniería de proyecto				S/. 346,358.09
Transporte de activos				S/. 138,543.24
Estructuras de soporte(diseño, manufactura y montaje)				S/. 579,600.00
			TOTAL COSTO INICIAL	S/.8,872,234.62
Costos Anuales de Operación y Mantenimiento				
Mantenimiento preventivo				S/. 11,550.00
Mantenimiento correctivo				S/. 4,200.00
Seguros				S/. 23,100.00
			Total anual de mantenimiento y operación	S/. 38,850.00
			Total mantenimiento y operación-25 años	S/. 971,250.00
			TOTAL GENERAL	S/.9,843,484.62

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 93 Costos de inversión del sistema fotovoltaico autónomo %



Fuente: Elaboración propia

Los demás costos de operación y mantenimiento anual son de 38850 soles, que en 25 años de vida del proyecto ascenderían a 971250 soles, haciendo un total general de 9,8 millones de soles en costos para la implementación de un sistema autónomo. Los costos en proporción a diferencia del sistema de GD, principalmente son de almacenamiento de energía (31%), inversores, controladores y módulos, siendo estos activos un 74% de la inversión total inicial (ver Figura 93).

4.1.2 Análisis de factibilidad económica y costo efectividad

Para evaluar la mejor opción económicamente factible entre los dos sistemas fotovoltaicos propuestos, se debe fundamentar la selección evaluando indicadores económicos (TIR y VAN), estos permitirán la selección entre los dos posibles proyectos mutuamente excluyentes, y además se deberá evaluar el costo de energía eléctrica por unidad de energía obtenido por la implementación de la mejor opción, para evaluar su competitividad dentro del mercado eléctrico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.2.1 Cálculo de Indicadores económicos

Para proceder al cálculo de los mismos, primeramente se deberá establecer el periodo de análisis (25 años). Comenzando la inversión en el trascurso del 2020, finalizando el análisis de la vida del proyecto a finales del año 2045. Para ello se ha de considerar entonces que a fines del año cero (2020) sólo se percibirán los costos de inversión inicial, mas no se presentarán ingresos ni costos de operación y mantenimiento, durante los siguientes periodos de tiempo se percibirá un ingreso generado por el ahorro en la facturación eléctrica y comenzarán los egresos de operación y mantenimiento anualizados.

El cálculo de la TIR no requiere de la tasa de interés, únicamente del flujo de caja y el número de periodos, por lo que su cálculo será sencillo y no asumirá ningún riesgo. Por otro lado, el VAN si requiere un valor de tasa de interés, se observa en la actualidad que la tasa de interés ha sufrido una gran caída por la crisis mundial a causa del COVID-19. Lo que le da incertidumbre a un análisis económico exacto. Por ello se ha considerado evaluar el VAN tomando 2 escenarios probables:

-Escenario de crisis económica: i=0,25%

-Escenario alentador de reactivación de la economía peruana: i=2%

Tabla 33 Tasa de referencia del 2019 a la actualidad

Fecha	Tasas de interés del Banco Central de Reserva - Tasa de Referencia de la Política Monetaria
ene-19	2.75
feb-19	2.75
mar-19	2.75
abr-19	2.75
may-19	2.75
jun-19	2.75
jul-19	2.75
ago-19	2.5
sep-19	2.5
oct-19	2.5
nov-19	2.25
dic-19	2.25
ene-20	2.25
feb-20	2.25
mar-20	1.25
abr-20	0.25

Fuente: BCRP, 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.2.1.1 VAN y TIR del sistema fotovoltaico autónomo

Se tendrá un tiempo de recuperación de la inversión de 16 años, los ingresos que percibe son significativos, puesto que el sistema sería completamente independiente de la red y ya no existiría facturación alguna, de requerir algún servicio de la red este tendría un costo mínimo.

Tabla 34 Flujo de caja para un sistema fotovoltaico autónomo

Periodo	Año	Consumo(kWh)	Ahorro anual en facturación (S/)	Inversión (S/)	Mantenimiento y operación(S/)	Flujo de caja(S/)	Flujo de caja acumulado (S/)
0	2020	1267298	0	8872235	0	-8872235	-8872235
1	2021	1279971	557505	0	38850	518655	-8353579
2	2022	1292771	563080	0	38850	524230	-7829349
3	2023	1305699	568711	0	38850	529861	-7299488
4	2024	1318756	574398	0	38850	535548	-6763940
5	2025	1331943	580142	0	38850	541292	-6222648
6	2026	1345263	585944	0	38850	547094	-5675554
7	2027	1358715	591803	0	38850	552953	-5122601
8	2028	1372303	597721	0	38850	558871	-4563730
9	2029	1386026	603698	0	38850	564848	-3998882
10	2030	1399886	609735	0	38850	570885	-3427997
11	2031	1413885	615833	0	38850	576983	-2851014
12	2032	1428024	621991	0	38850	583141	-2267873
13	2033	1442304	628211	0	38850	589361	-1678512
14	2034	1456727	634493	0	38850	595643	-1082869
15	2035	1471294	640838	0	38850	601988	-480881
16	2036	1486007	647246	0	38850	608396	127515
17	2037	1500867	653719	0	38850	614869	742384
18	2038	1515876	660256	0	38850	621406	1363789
19	2039	1531034	666858	0	38850	628008	1991798
20	2040	1546345	673527	0	38850	634677	2626475
21	2041	1561808	680262	0	38850	641412	3267887
22	2042	1577426	687065	0	38850	648215	3916102
23	2043	1593201	693936	0	38850	655086	4571188
24	2044	1609133	700875	0	38850	662025	5233213
25	2045	1625224	707884	0	38850	669034	5902246
TOTAL		37417785	15745731	8872235	971250	5902246	

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 35 TIR y VAN para un sistema fotovoltaico autónomo

TIR	4%
VAN(2%)	2540627.6
VAN(0,25%)	5413024.0

Fuente: Elaboración propia

Se observa del flujo de caja, que en total se habrían ahorrado 15,7 millones de soles en facturas con el sistema autónomo. Finalmente, la TIR y el VAN para generación autónoma, se muestran en la Tabla 35.

4.1.2.1.2 VAN y TIR del sistema fotovoltaico de GD

Para su determinación, interviene la venta de excedentes y el autoconsumo en términos de disminución de la facturación normal proyectada, por ello se debe analizar el marco jurídico aplicable y los incentivos a la generación, el reglamento analizado en tal sección sólo se trata de una pre publicación pero no establece un panorama definido de las tarifas de incentivo por venta de excedentes de una instalación e GD de MT, pero según sugieren expertos en GD, en base a la pre publicación del reglamento de GD en Perú se debería estar facturando restando la energía inyectada menos el consumo mensual, llevándose un control anual, es decir, que si hay excedentes de más a fin de año se deberá cobrar por la energía inyectada a la tarifa regulada por Osinergmin (en este caso 0,2096 soles/kWh para la tarifa MT3). Véase la Tabla 36.

Tabla 36 Pliego tarifario máximo - Tarifa MT3

TARIFA MT3:	**TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y**		
	CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	8.36
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kW.h	25.67
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kW.h	20.96
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	51.68
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	32.38
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	11.95
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	11.78
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4.32

Fuente: Osinergmin, 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

"Respecto al régimen comercial, se debe aclarar que cuando se refiera al precio de venta a la EDE, este debe ser el Precio Básico de energía determinado por OSINERGMIN en el punto de conexión de la MGD…" (Pacheco, 2019).

Tabla 37 Proyección del consumo y la energía generada por el sistema de GD

Periodo	Año	Consumo (kWh)	Energía generada (kWh)	Excedentes inyectados (kWh)	Consumo neto(kWh)
0	2020	1267298.4	0	0.0	1267298.4
1	2021	1279971.3	1589601.4	309630.0	0.0
2	2022	1292771.1	1578474.1	285703.1	0.0
3	2023	1305698.8	1567424.8	261726.1	0.0
4	2024	1318755.8	1556452.9	237697.1	0.0
5	2025	1331943.3	1545557.7	213614.4	0.0
6	2026	1345262.8	1534738.8	189476.0	0.0
7	2027	1358715.4	1523995.6	165280.2	0.0
8	2028	1372302.5	1513327.6	141025.1	0.0
9	2029	1386025.6	1502734.3	116708.8	0.0
10	2030	1399885.8	1492215.2	92329.4	0.0
11	2031	1413884.7	1481769.7	67885.0	0.0
12	2032	1428023.5	1471397.3	43373.8	0.0
13	2033	1442303.8	1461097.5	18793.8	0.0
14	2034	1456726.8	1450869.8	0.0	5856.9
15	2035	1471294.1	1440713.8	0.0	30580.3
16	2036	1486007.0	1430628.8	0.0	55378.2
17	2037	1500867.1	1420614.4	0.0	80252.7
18	2038	1515875.7	1410670.1	0.0	105205.7
19	2039	1531034.5	1400795.4	0.0	130239.1
20	2040	1546344.8	1390989.8	0.0	155355.0
21	2041	1561808.3	1381252.9	0.0	180555.4
22	2042	1577426.4	1371584.1	0.0	205842.3
23	2043	1593200.6	1361983.0	0.0	231217.6
24	2044	1609132.6	1352449.1	0.0	256683.5
25	2045	1625224.0	1342982.0	0.0	282242.0
TOTAL		37417784.5	36574320.1	2143242.8	843464.4

Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto a considerar es el consumo de energía proyectado para estimar la facturación anual durante el tiempo de vida del proyecto. El consumo evoluciona conforme a la aproximación lineal de la Figura 67, tomando el mismo factor de crecimiento para la tarifa de facturación proyectada. Por otro lado la energía generada disminuirá con el tiempo, como

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

lo muestra la Tabla 37, para los paneles 325 Wp AE7P325-VB5B se considera 0,7% de pérdidas anuales según su ficha técnica.

Tabla 38 Flujo de caja de sistema fotovoltaico de GD

Periodo	Año	Factura-sin sistema FV(S/)	Ingresos venta de excedentes (S/)	Facturación proyectada con sistema FV(S/)	Ahorro anual en facturación (S/)	Inversión (S/)	Mantenimiento y operación(S/)	Flujo de caja(S/)	Flujo de caja acumulado(S/)
0	2020	0	0	0	0	3194337	0	3194337	-3194337
1	2021	557505	64898	195456	362049	0	40209	321840	-2872497
2	2022	563080	59883	203075	360005	0	40209	319796	-2552701
3	2023	568711	54858	210730	357981	0	40209	317772	-2234929
4	2024	574398	49821	218423	355976	0	40209	315767	-1919162
5	2025	580142	44774	226153	353989	0	40209	313780	-1605382
6	2026	585944	39714	233921	352022	0	40209	311813	-1293569
7	2027	591803	34643	241729	350074	0	40209	309865	-983704
8	2028	597721	29559	249577	348144	0	40209	307935	-675769
9	2029	603698	24462	257465	346233	0	40209	306024	-369745
10	2030	609735	19352	265394	344341	0	40209	304132	-65613
11	2031	615833	14229	273365	342467	0	40209	302258	236646
12	2032	621991	9091	281379	340612	0	40209	300403	537049
13	2033	628211	3939	289435	338776	0	40209	298567	835616
14	2034	634493	0	302165	332328	0	40209	292119	1127734
15	2035	640838	0	329852	310986	0	40209	270777	1398512
16	2036	647246	0	357642	289604	0	40209	249395	1647907
17	2037	653719	0	385539	268179	0	40209	227970	1875877
18	2038	660256	0	413545	246711	0	40209	206502	2082379
19	2039	666858	0	441662	225196	0	40209	184987	2267366
20	2040	673527	0	469892	203635	0	40209	163426	2430792
21	2041	680262	0	498238	182024	0	40209	141815	2572608
22	2042	687065	0	526702	160363	0	40209	120154	2692762
23	2043	693936	0	555286	138650	0	40209	98441	2791203
24	2044	700875	0	583992	116883	0	40209	76674	2867877
25	2045	707884	0	612824	95060	0	40209	54851	2922728
TOTAL		15745731	449224	8623442	7122290	3194337	1005225	2922728	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39 TIR y VAN para un sistema fotovoltaico de GD

TIR	7%
VAN (i=2%)	S/1793138.2
VAN (i=0,25%)	S/2762165.7

Fuente: Elaboración propia

Los ingresos percibidos en el flujo de caja son los ahorros en la facturación anual, serán estimados del coste de la diferencia de facturación proyectada sin el sistema fotovoltaico y la facturación que se tendría con el sistema(no es cero al existir cargos adicionales por

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

potencia, energía reactiva, y cargos fijo por alumbrado público, impuestos , etc.) . El tiempo de recuperación de la inversión será de 11 años (ver Tabla 38).

Los indicadores de TIR y VAN (en dos escenarios económicos), se muestran en la Tabla 39, el VAN a una tasa de interés del 0,25% es mayor también, por otro lado en el escenario de reactivación casi total de la economía (i=0,25%) se tiene un mayor VAN con el sistema autónomo.

Observando los indicadores para ambas propuestas de generación fotovoltaica se observa que el sistema de GD es más atractivo al tener una TIR más alta (que no depende de la tasa de interés por lo que es el indicador más confiable por el momento a raíz de la crisis económica que se vive actualmente), y el VAN es mayor en un escenario afectado por la crisis económica y salubre actual.

4.1.2.2 Costo de energía (LCOE)

Para determinarlo se ha de evaluar la Ec. 53, tomando el costo total de la Tabla 31 y la energía generada del total producido de la Tabla 37, obteniendo un costo de 11 centavos de sol por kWh producido, el cual resulta muy atractivo comparado con el precio de tarifa del distribuidor (ver Tabla 36).

$$LCOE = \frac{C_{total\ general}}{E_{25\ años}}$$

Ec. 53 Costo de energía

Donde:

$C_{total\ general}$: Costo total de inversión, mantenimiento y operación (soles)

$E_{25\ años}$: Energía producida durante los 25 años de vida del proyecto. (kWh)

$$LCOE = \frac{\text{S/}4199561{,}68}{36574320{,}1\ \text{kWh}}$$

$$LCOE = \frac{\text{S/}0{,}11}{kWh}$$

Finalmente, evaluando este costo se tiene un costo muy competitivo con el costo mundial que, según IEEFA (2019), el promedio proyectado para el 2020 de 0,048

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

USD/kWh(S/0.16/kWh) y para países de altísimo potencial de irradiación como lo son (Arabia Saudita, Perú o Chile) de 0,03 USD/kWh(S/0.10/kWh).

4.2 Análisis de flujo de potencia

Para evaluar el comportamiento y desempeño del sistema fotovoltaico de GD, será necesario hacer diversos análisis que sin la ayuda de software, serían muy complejos. Los diferentes módulos que ofrece ETAP, permitirán la evaluación del sistema en distintas condiciones: carga máxima, carga mínima, cortocircuito, arco eléctrico, coordinación de protecciones, entre otros que permiten detectar, fallas potenciales, capacidades de los componentes eléctricos y además dan como salida hojas de datos, reportes, etiquetas de información y otros necesarios para la puesta en marcha, mantenimiento y adopción de medidas de seguridad con los distintos componentes del sistema.

4.2.1 Estudio de flujo de cargas

El flujo de cargas se analizará en varios escenarios de funcionamiento: normal, con el sistema activo(a distintos niveles de carga mensual característica), en estado de emergencia con grupo electrógeno. A partir de tales flujos, se podrá evaluar la mejora con el sistema fotovoltaico y además rediseñar algunos componentes que se requerirán para su inserción óptima en el sistema.

4.2.1.1 Flujo de carga DC

En condiciones normales de operación de cada grupo generador entre los 39, tenemos dos grupos extremos a evaluar, según su lejanía por caída de tensión y pérdida de potencia por cableado:

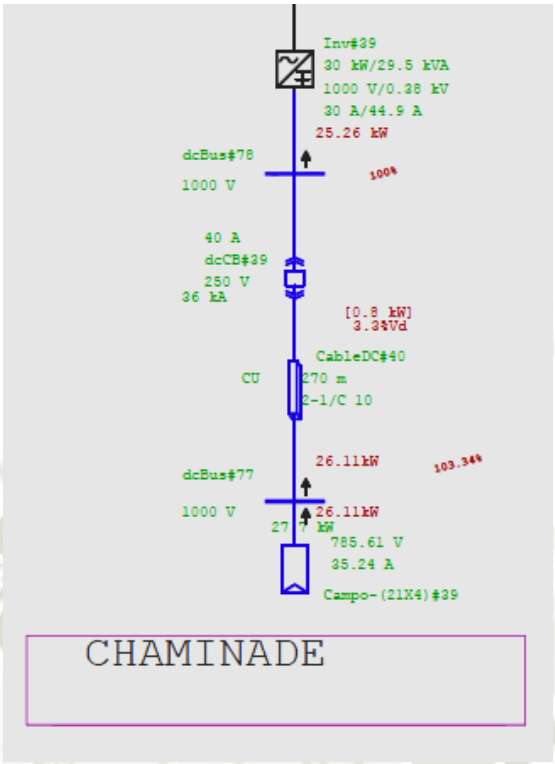
a) Campo #39: Registra una pérdida de potencia por elementos conductores de 26,11kW a 25,26kW que llegan al inversor, esto significa 0,8kW de pérdida de potencia, y una caída porcentual de 3,3% de la tensión, resulta admisible al no superar el margen del 7%.
b) Campos #21 y #22: En estos grupos se tendrá una caída porcentual de tensión del 1,1% y una pérdida de potencia en el tramo por conductores de 0,3kW, los cuales son valores admisibles pues no significan muchas pérdidas en ambos grupos generadores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

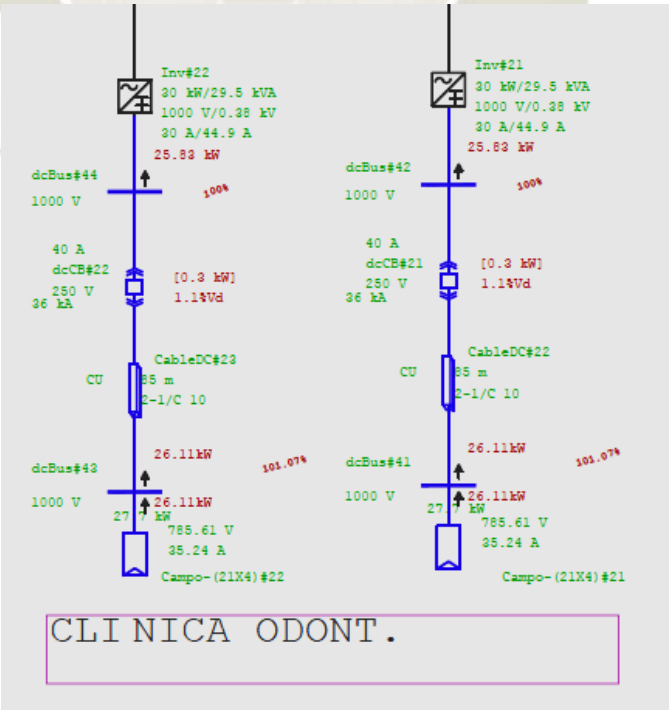
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 94 Flujo de carga DC del campo#39



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Figura 95 Flujo de carga DC de campos #22 y #21



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

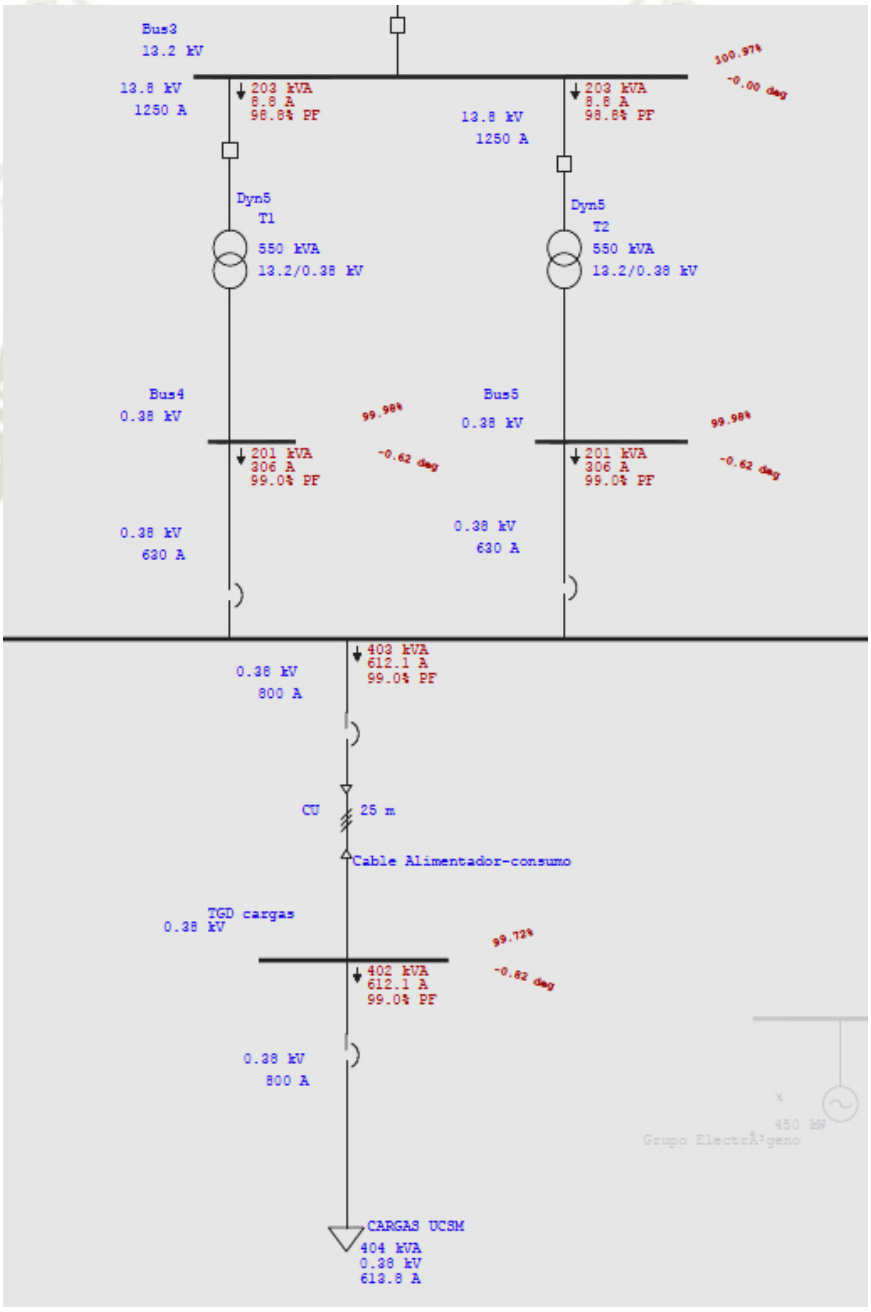
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.1.2 Flujo de carga en AC

4.2.1.2.1 Flujo de carga en funcionamiento normal

Sin la inserción del sistema fotovoltaico las condiciones de evaluación en este caso son las de máxima demanda promedio (402kVA a un f.p. de 0.99 (inductivo)), vemos que la SE de transformación se encuentra sin regulación de TAP, y su capacidad sobrepasa la potencia requerida.

Figura 96 Flujo de carga sin funcionamiento de sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

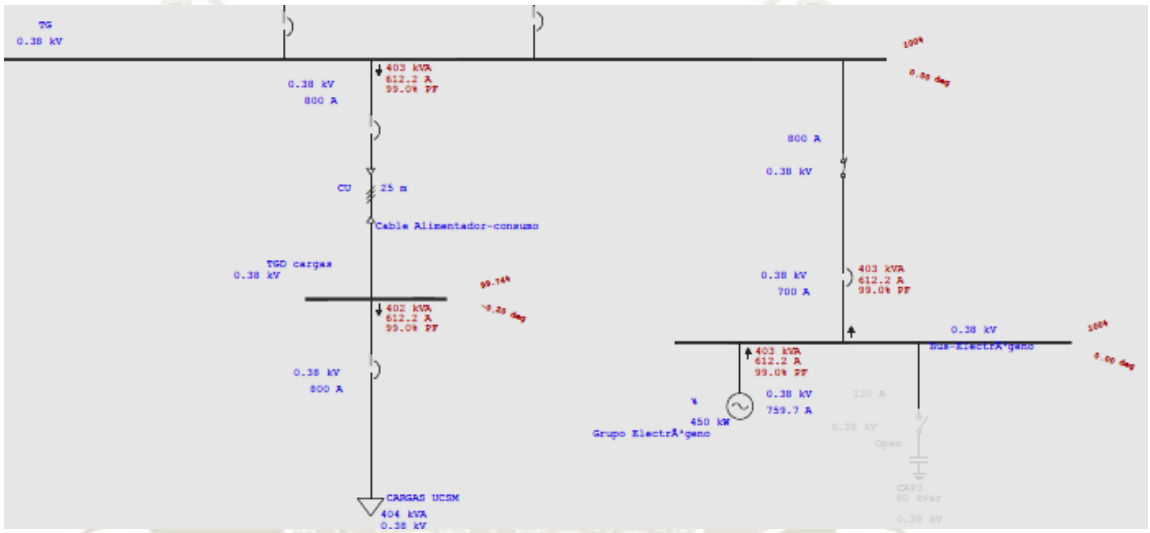
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Se observa también una ligera caída de tensión de 0,28% en el TGD de cargas, la cual es completamente admisible.

4.2.1.2.2 Análisis en funcionamiento de emergencia:

Para esta condición el grupo electrógeno ha de garantizar por lo menos 450kW para satisfacer la MD se debe prever además de un banco de capacitores para regulación del f.p. en su barra para compensar la potencia reactiva de ser necesario.

Figura 97 Flujo de carga en estado de emergencia, sólo grupo electrógeno



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

4.2.1.2.3 Flujo de carga con sistema fotovoltaico en condiciones nominales de funcionamiento:

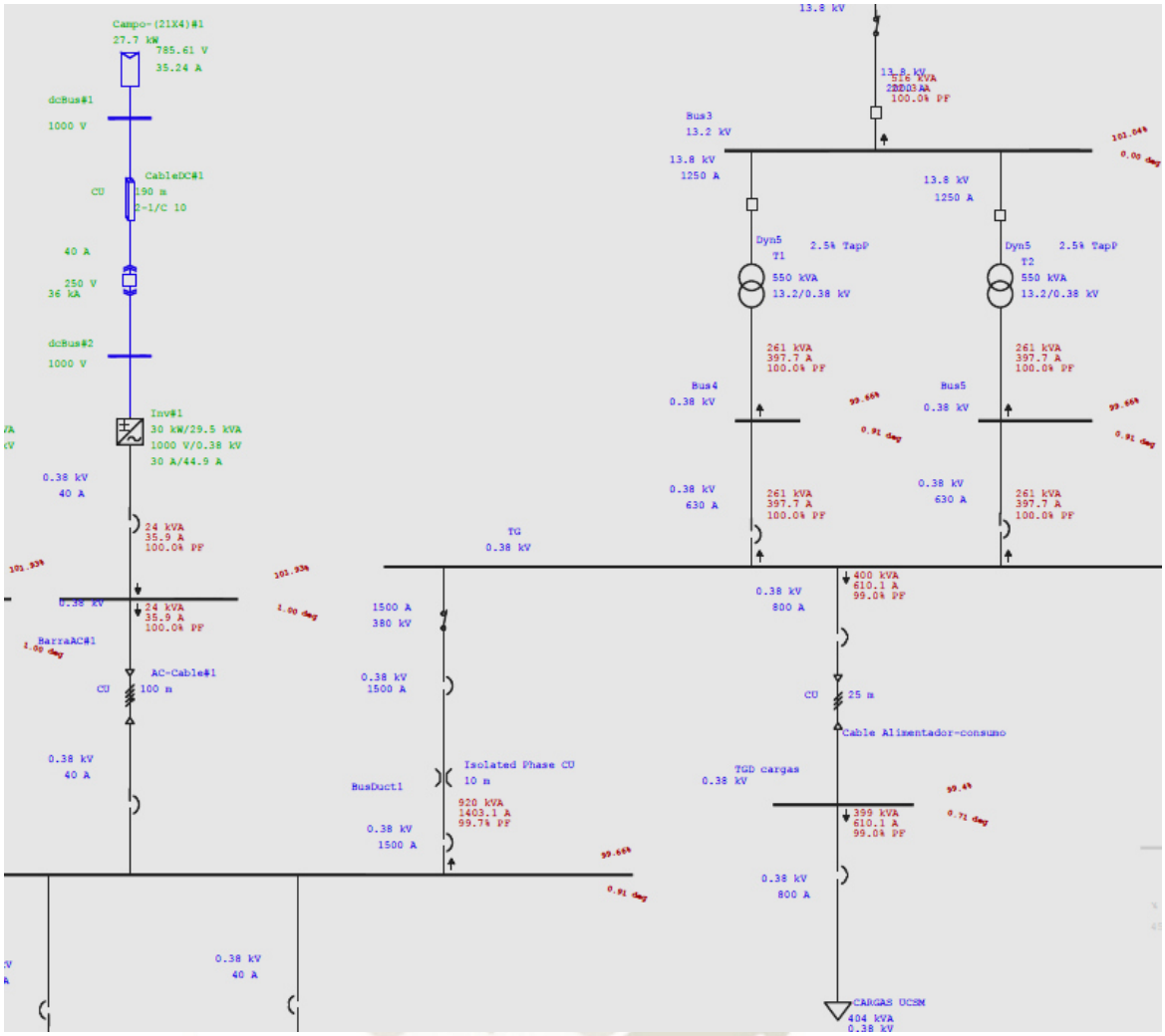
Para las condiciones de irradiación cada grupo generador aportará 24 kVA a un f.p. de 1, aportando en total 920 kVA (516 kVA a la red de distribución y 399 kVA a las cargas de la UCSM), esto se daría en horas del día promedio, naturalmente durante las horas de la noche el escenario será diferente. Cabe destacar que para la inserción del sistema fotovoltaico se deberá regular el TAP de los transformadores en su devanado de alta tensión (primario) al 2,5%.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 98 Flujo de carga con funcionamiento normal del sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

4.2.1.2.4 Flujo de carga baja crítica:

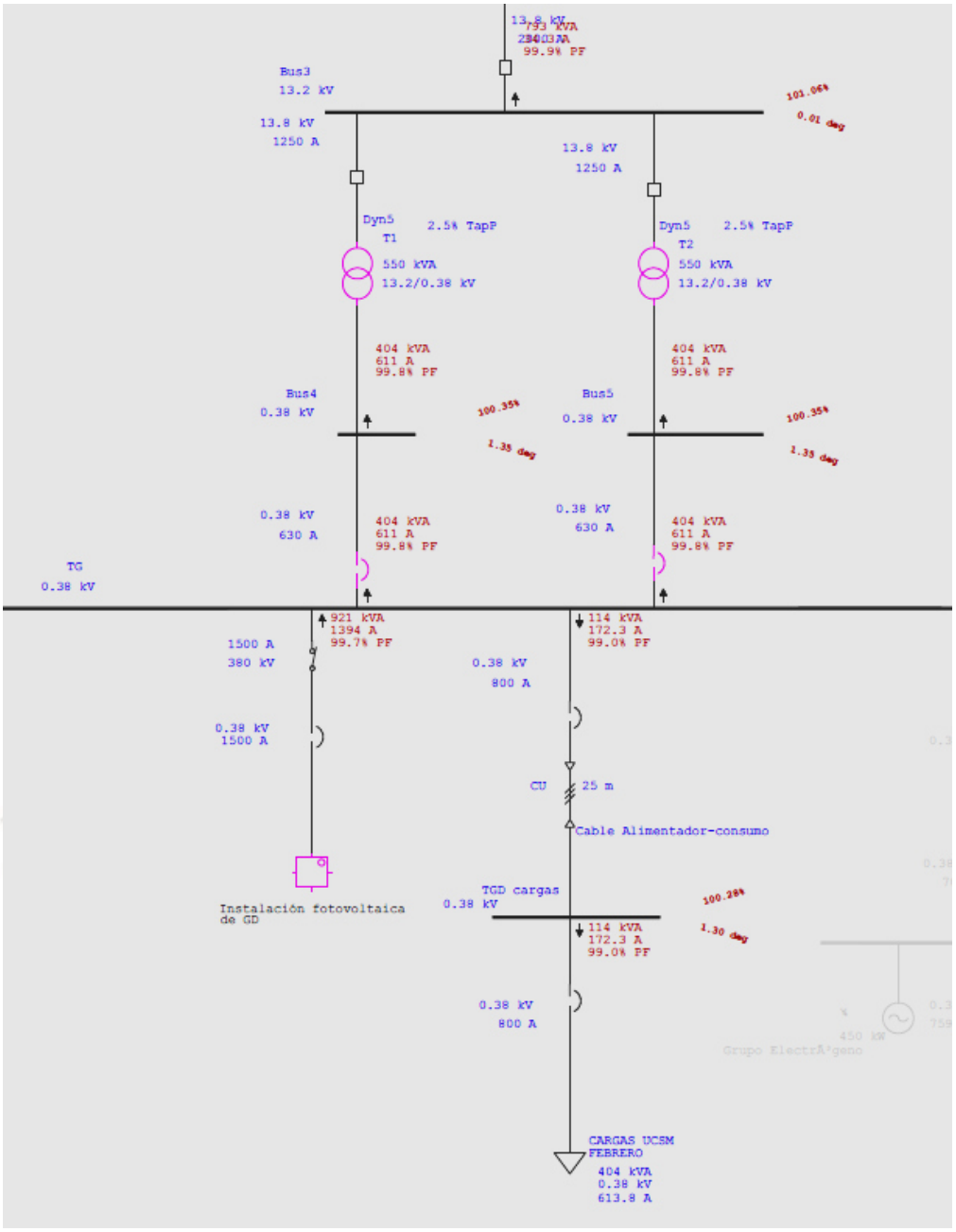
Este escenario se observa de Figura 65, que se da durante el mes de febrero se registra la carga más baja, reduciéndose a 114 kVA, en tales condiciones el sistema inyecta a la red 793 kVA de modo que los transformadores ahora deberán satisfacer una potencia como mínimo de 404 kVA, considerando además las pérdidas propias.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 99 Flujo de carga en condiciones de menor carga



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

4.2.1.2.5 Flujo de carga alta crítica (noviembre)

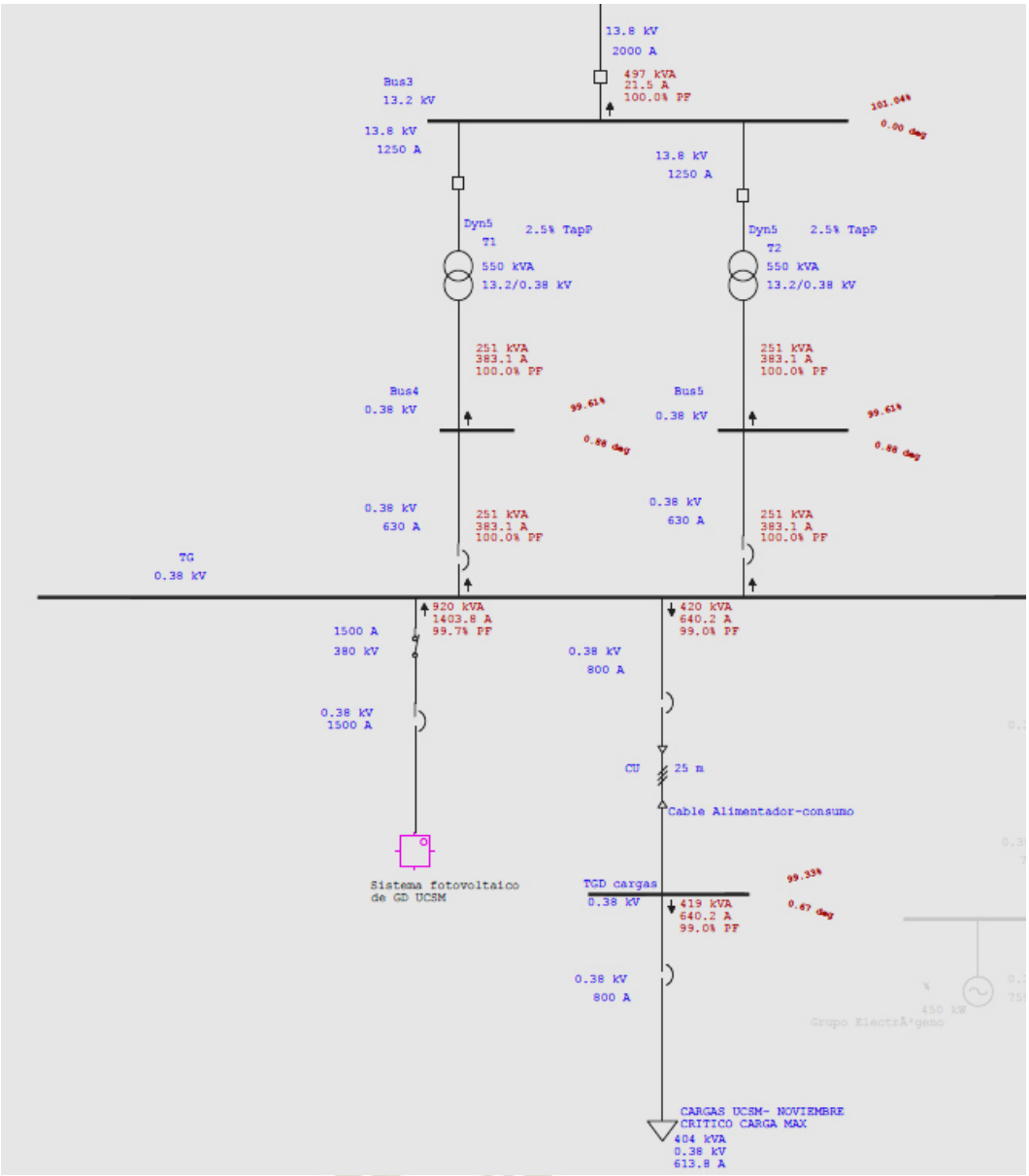
Se registra durante el mes de noviembre con una carga de 419 kVA y 497 kVA de aporte a la red de distribución, en estas condiciones se observa una corriente máxima de carga en las instalaciones de la UCSM de 640,2 A.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 100 Flujo de carga en condiciones de mayor carga mensual



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

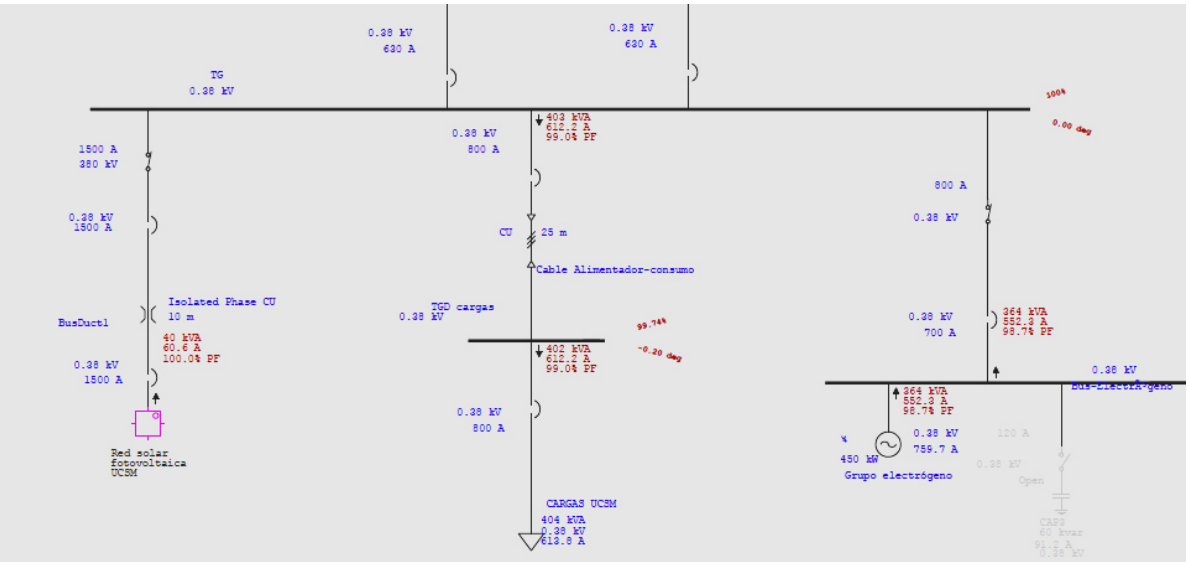
4.2.1.2.6 Flujo en funcionamiento combinado con grupo electrógeno:

Solamente en horas de ocaso y desconexión de la red se dará esta condición, que solamente se dará entre la 17:00 y 18:00 horas, porque durante las horas de sol el sistema satisface excediendo a la demanda de la carga, en este escenario el sistema fotovoltaico sólo aportaría 40kVA, mientras que el grupo electrógeno aportaría 364kVA.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 101 Flujo de carga combinado con operación (solar-electrógeno)

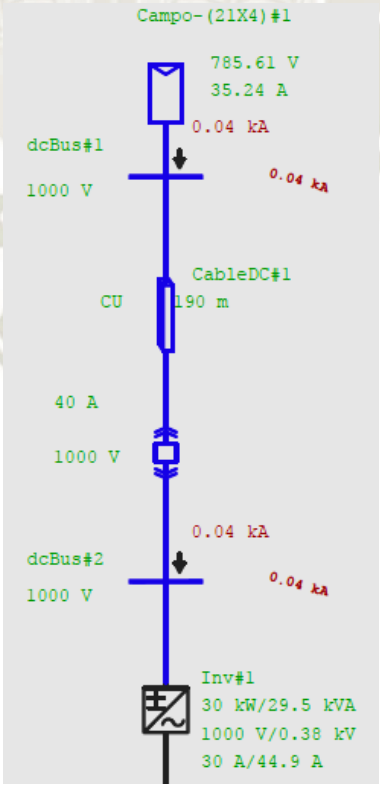


Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

4.2.2 Análisis de cortocircuito

4.2.2.1 Cortocircuito DC:

Figura 102 Cortocircuito DC en barras de campos



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

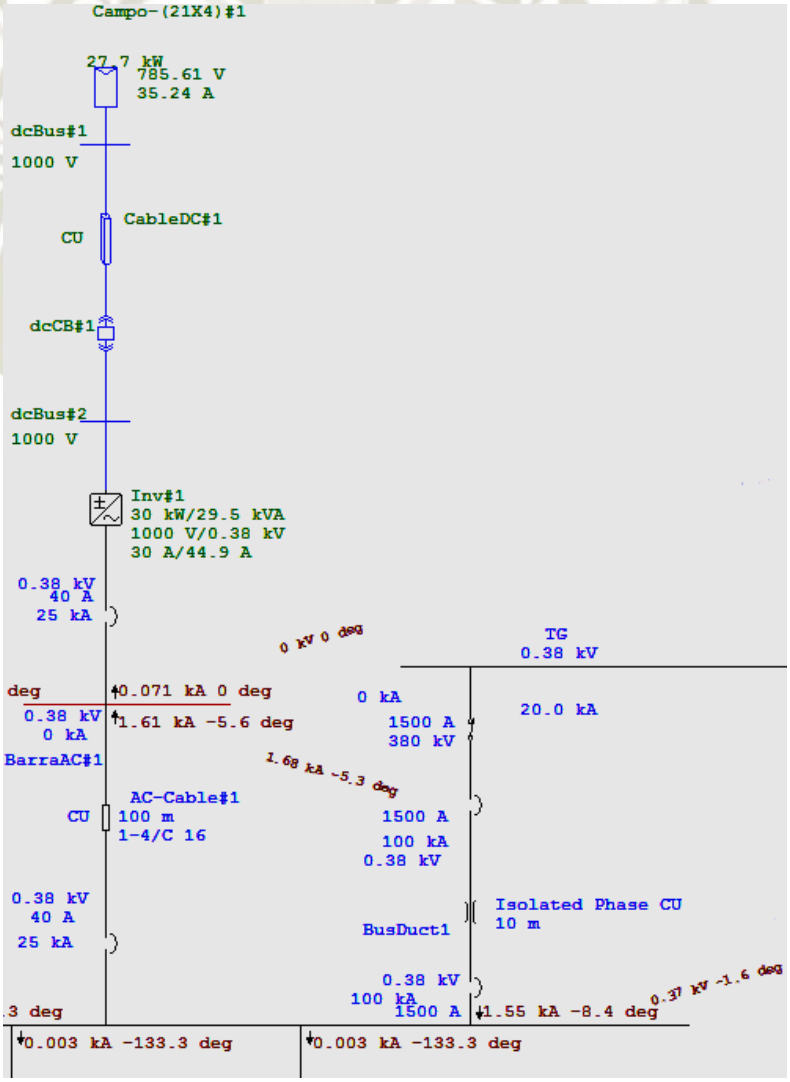
El cortocircuito en DC de un sistema fotovoltaico se ve limitado por la corriente de cortocircuito de los módulos, en caso de cortocircuito cada grupo tendrá 40 A de corriente de falla, por lo que la protección en DC debe soportar esta capacidad de interrupción para no dañar el cableado, el dispositivo de protección satisface tal corriente como se observa en la Figura 102.

4.2.2.2 Cortocircuito AC

4.2.2.2.1 Bus a la salida del inversor:

Analizando el cortocircuito en la barra a la salida del inversor se tendrán los siguientes escenarios, de los cuales se evaluará el sistema para el estado más crítico:

Figura 103 Cortocircuito trifásico en barra de salida de inversor



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

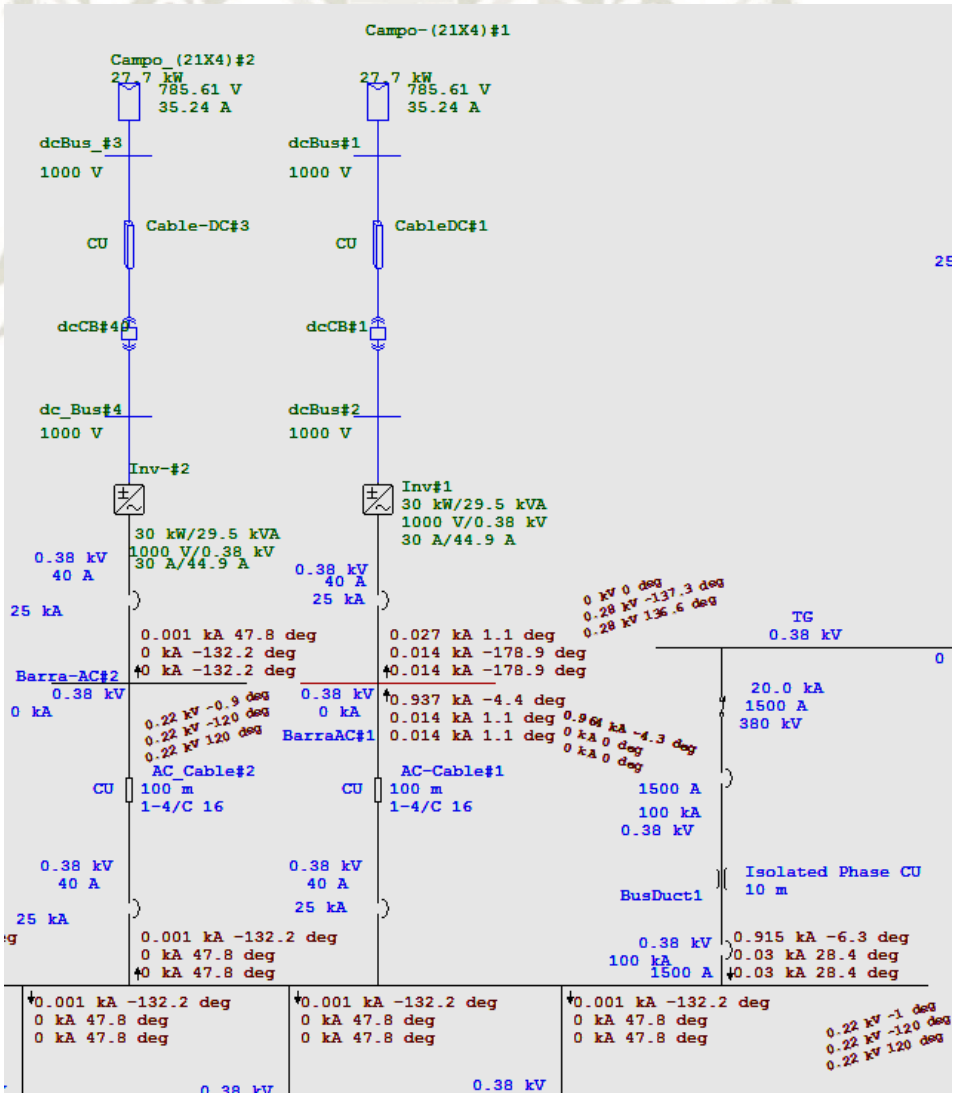
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

a) Cortocircuito trifásico: Se muestra en la Figura 103, que ante la ocurrencia del cortocircuito se tendrá una corriente de falla de 1,68 kA, por el ramal del cable circulará una corriente de aportación de 1,61 kA (provenientes de la red) y 0,071 kA (provenientes del campo solar), se muestra también que los dispositivos de protección tienen capacidades de respuesta adecuadas para la protección tanto del cable como del inversor.

b) Cortocircuito monofásico (fase A): En este caso se observan corrientes máximas de aportación en la fase A de 0,964kA, para el cable alimentador una componente máxima de fase 0,937kA, los valores se encuentran por debajo del cortocircuito trifásico (ver Figura 104).

Figura 104 Cortocircuito línea-tierra en barra de salida de inversor



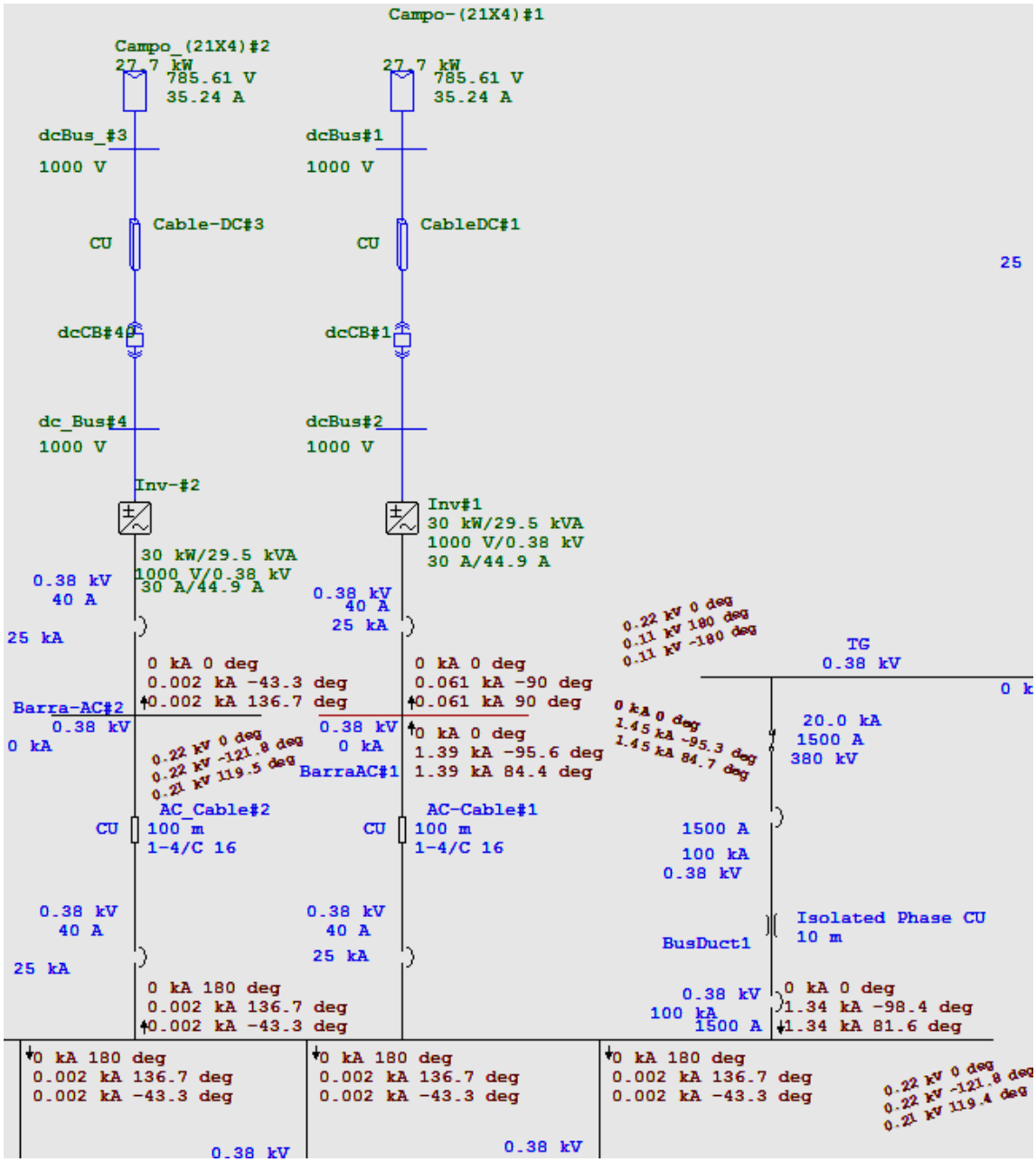
Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c) Cortocircuito de doble fase (B-C): En este caso se observan corrientes de fase de 1,45 kA entre sus fases B y C, con una corriente de aportación de falla de 1,39 kA por el cable alimentador.

Figura 105 Cortocircuito de doble fase en barra de salida de inversor



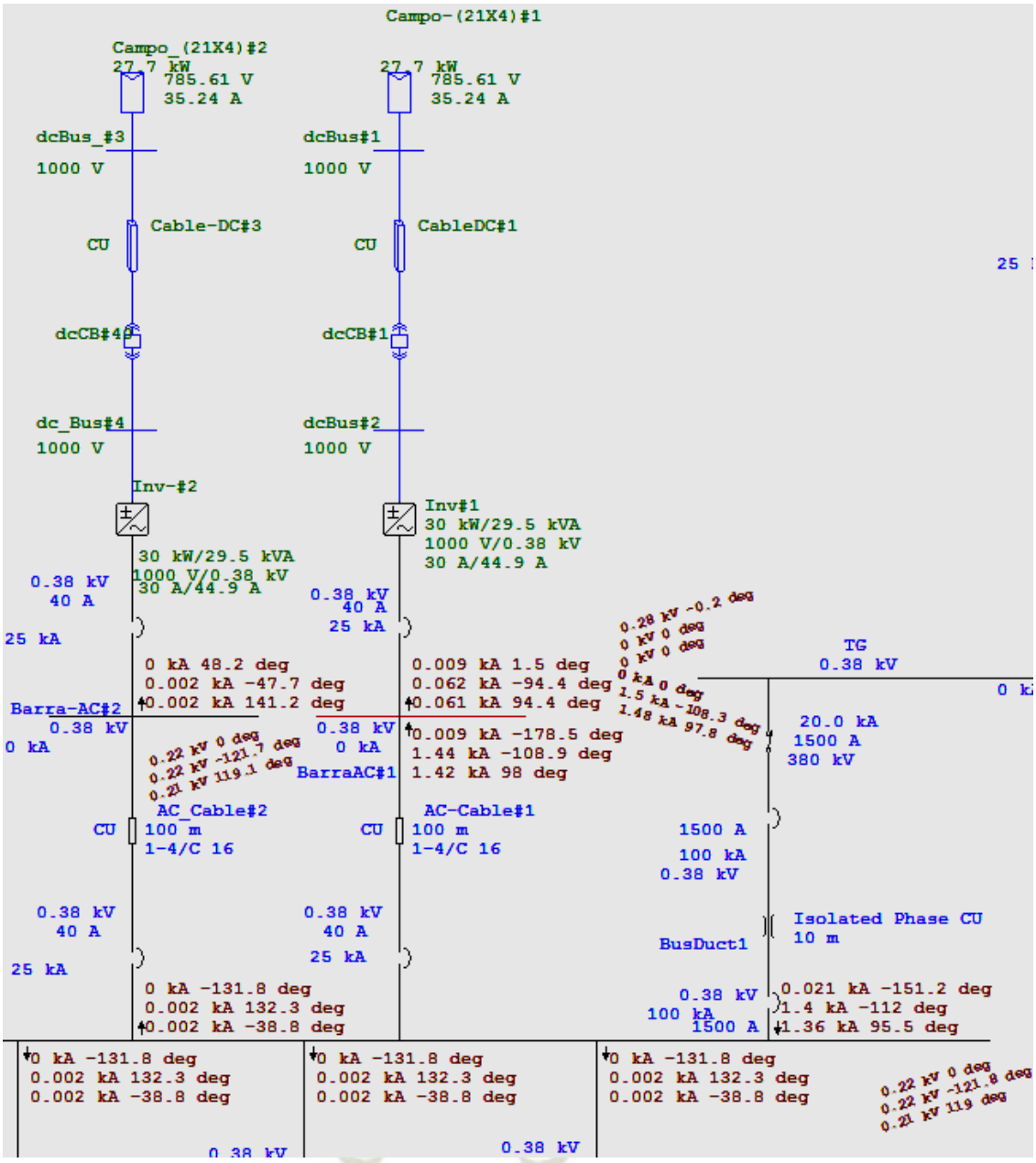
Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

d) Cortocircuito doble fase a tierra (B-C-tierra): Para estas condiciones se tendrá un máximo de 1,5 kA de falla en la fase B (ver Figura 106), 1,44 kA en la fase B se tendrán por el alimentador AC.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 106 Cortocircuito de doble fase a tierra en barra de salida de inversor



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Se concluye que el estado más crítico para evaluar los componentes y protecciones de la barra a la salida del inversor se da en condiciones de cortocircuito trifásico, del mismo modo estos se han de tener en cuenta para la coordinación de protecciones.

4.2.2.2.2 Barra general de BT grupo fotovoltaico:

Se evaluarán los posibles escenarios de falla y es necesario verificar si los dispositivos de protección satisfacen el tiempo y la corriente falla más elevada.

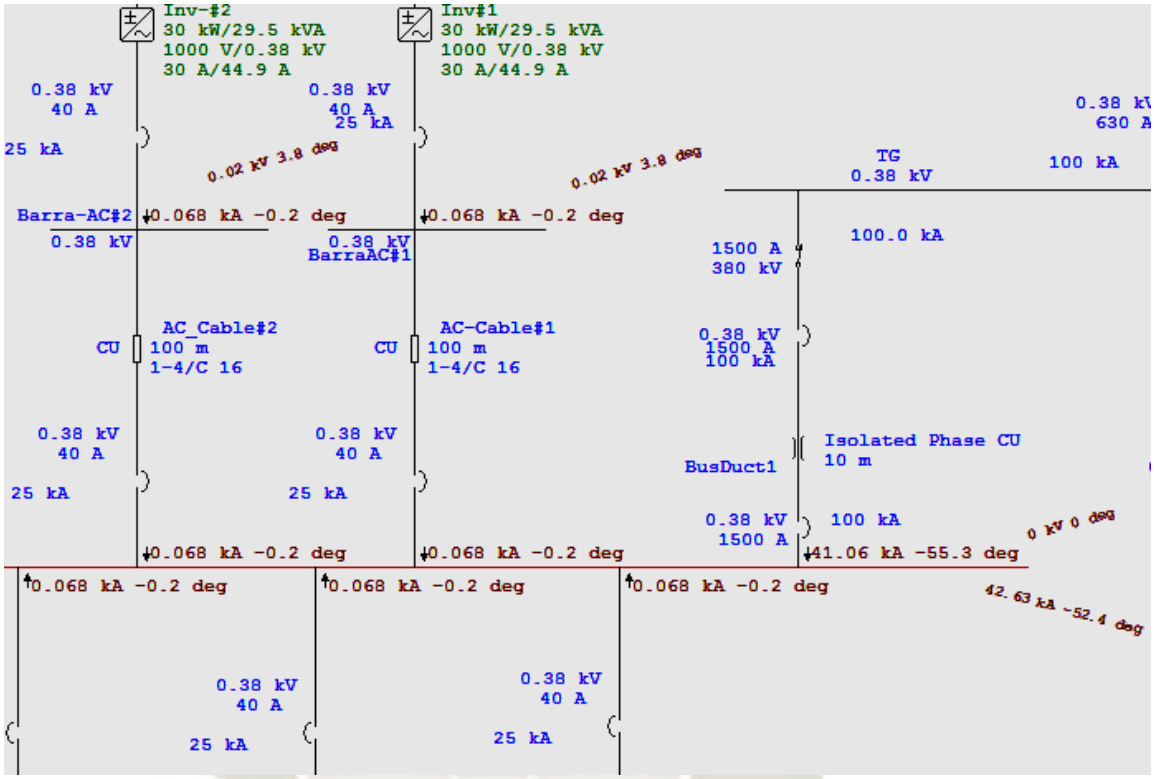
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

a) Cortocircuito trifásico: se tendrá una corriente de falla de 42,63 kA compuesta de 68 A de aporte de corriente de falla por cada grupo inversor y 41,06 kA provenientes de la red de distribución.

Figura 107 Cortocircuito trifásico Barra BT



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

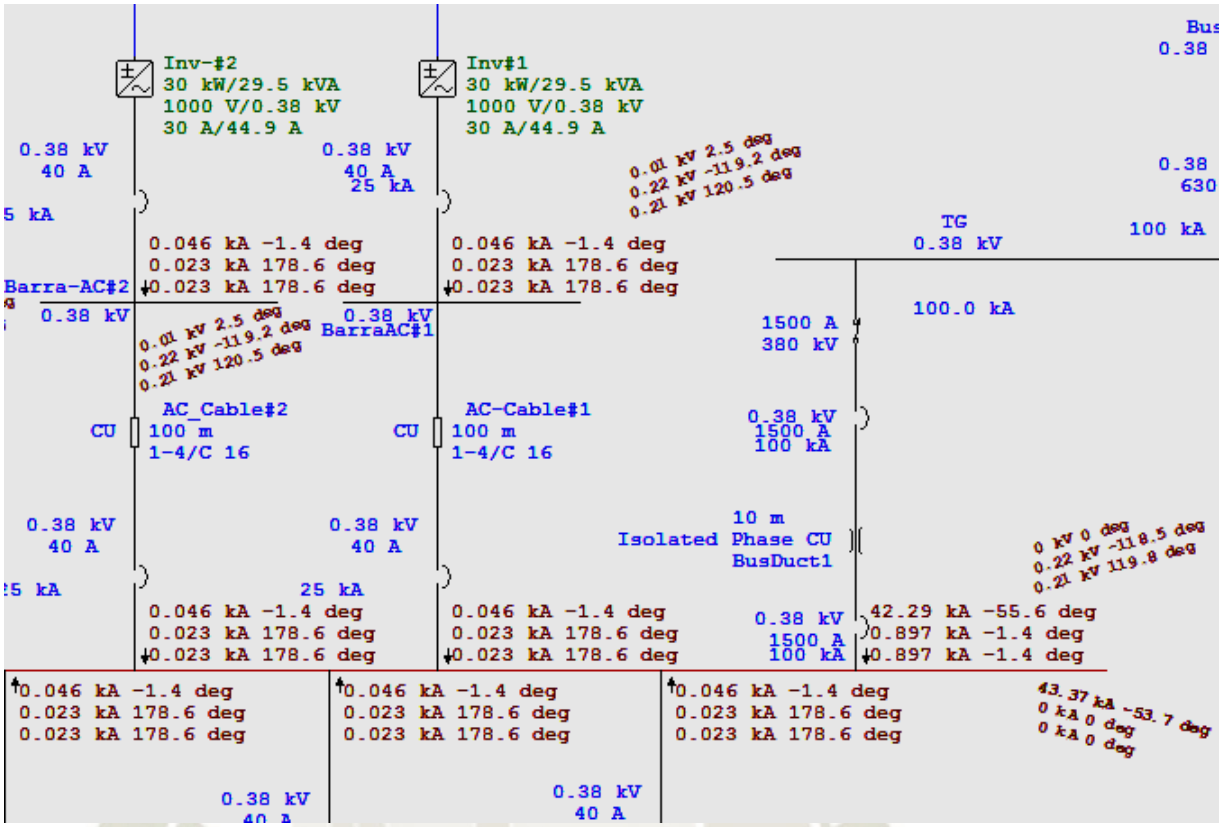
b) Cortocircuito monofásico (fase A): Con una corriente de falla de 43,37 kA en la fase A y 42,29 kA de corriente de falla de aportación de la red en la fase A, 46 A por cada grupo inversor en la fase A. Se observa una mayor corriente de falla que en el cortocircuito trifásico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 108 Cortocircuito monofásico (fase A) de barra BT



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

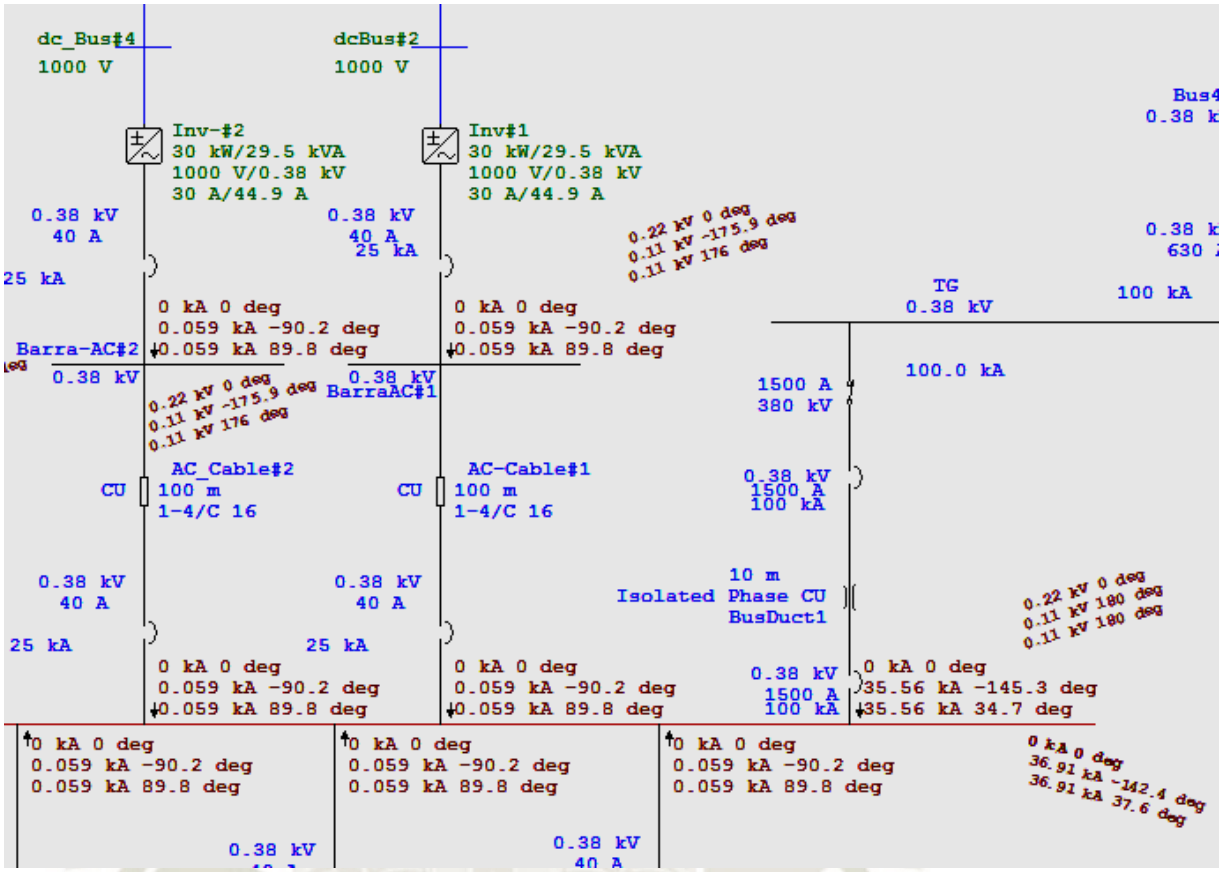
c) Cortocircuito bifásico (B-C): Se tendrán 35,56 kA de aporte de falla de la red de distribución en las fases B y C que serán de 59 A por cada grupo inversor para las mismas fases, haciendo un total de 36,91 kA de falla entre las fases B-C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 109 Cortocircuito bifásico (B-C) en barra BT



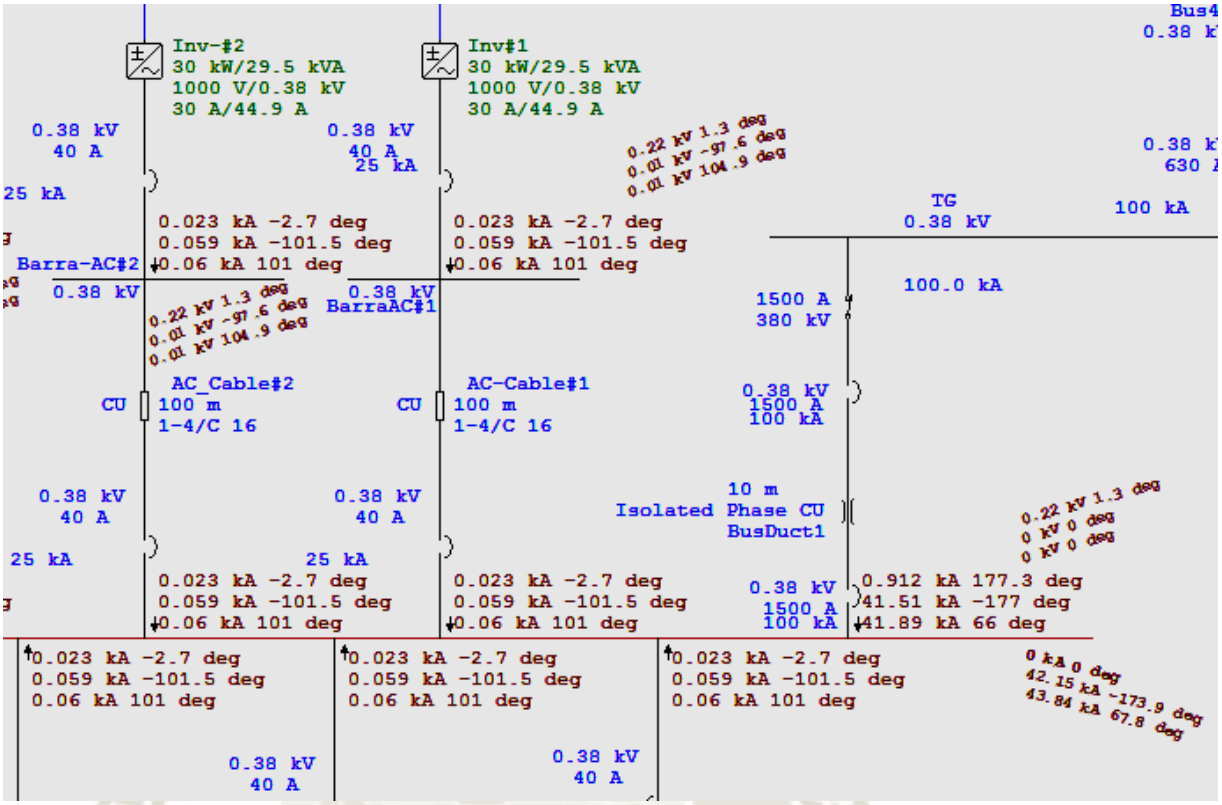
Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

d) Cortocircuito bifásico a tierra (B-C): La corriente de falla más elevada se encuentra en la Fase C, siendo de 43,84 kA. Se observa que a diferencia de los otros escenarios de falla, este es el caso más crítico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 110 Cortocircuito bifásico a tierra (B-C) barra BT



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Se tomará en cuenta como corriente de falla más crítica en cortocircuito entre las fases B-C (43,84 kA a 67,8º en la fase C), los dispositivos de protección de barras poseen protección de hasta 100kA (ajustable), suficientes para actuar frente a tal condición.

4.2.3 Análisis de arco y choque eléctrico:

4.2.3.1 Análisis DC:

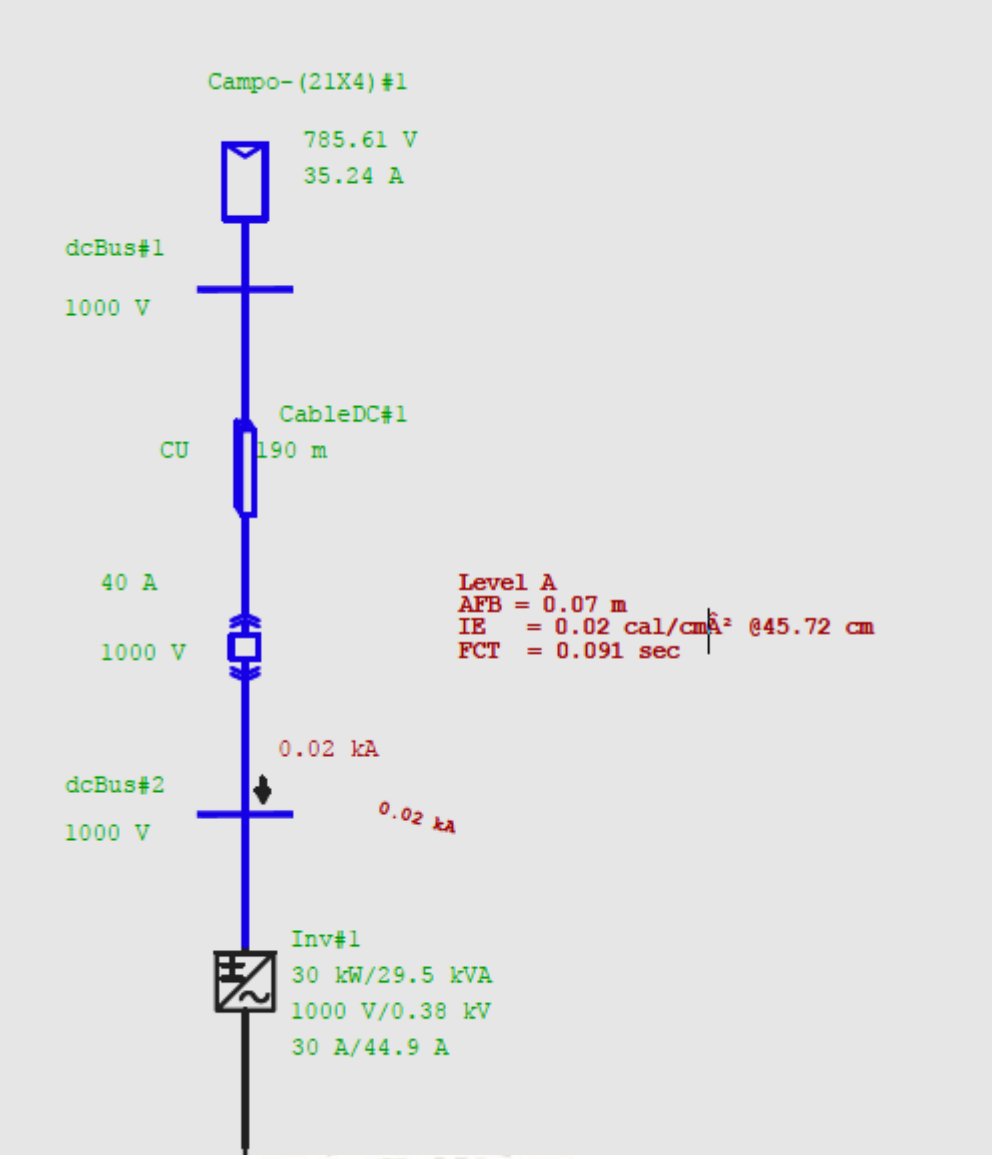
Ante la presencia de arco eléctrico se liberarán 20 A de corriente de falla, esto significa una liberación de 0,02 cal/cm^2, afortunadamente es un nivel de riesgo muy bajo, provocaría como mucho quemaduras de primer grado, las restricciones para el acceso serían de todas formas una distancia de 1,07 m para evitar el choque eléctrico, para trabajos en caliente se ha de usar camisa larga de algodón y pantalones largos tomando una distancia de seguridad de 7 cm para prevenir el arco eléctrico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 111 Arco eléctrico en DC de campos solares



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP.

4.2.3.2 Análisis AC:

4.2.3.2.1 Falla en barras de salida de inversores

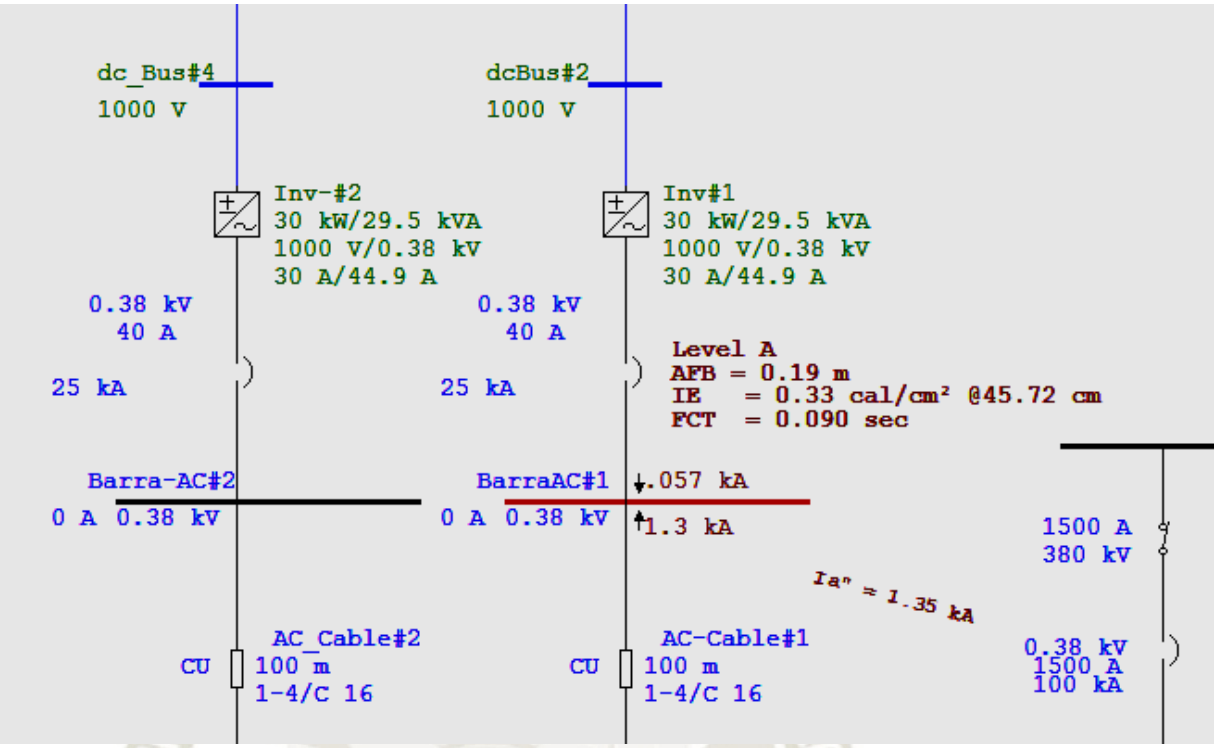
La energía liberada frente al arco eléctrico será de 0,33 cal/cm^2, la cual es relativamente baja, teniendo riesgos de quemaduras como máximo de primer grado, por lo cual se restringe el trabajo en caliente con vestimenta sintética, limitándose al uso de pantalón y camisa larga. Por otro lado se tendrá una corriente de arco de 1,35 kA por lo que la distancia de seguridad ante el arco eléctrico es de 19 cm, pero se limita a 1,07 m sin equipos de protección personal (EPP) para prevenir choque eléctrico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 112 Arco eléctrico en barra de salida de inversores



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

4.2.3.2.2 Falla en Barra BT del sistema fotovoltaico

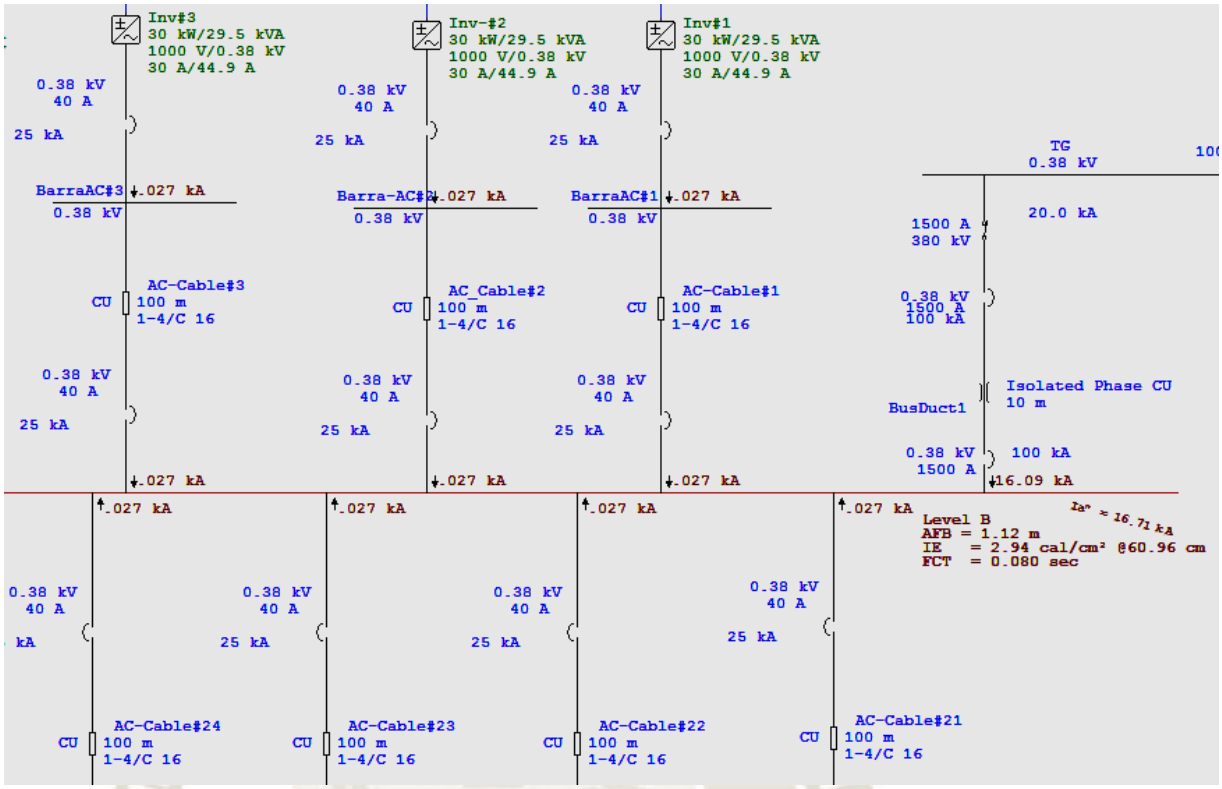
Esta barra liberará mayor energía y corriente de falla de 16,71 kA que recibe una aportación de 27 A por cada grupo generador y 16,09 kA de la red de distribución, para tal magnitud se liberarán 2,94 cal/cm^2 que provocarían quemaduras graves de segundo grado, por lo que quedan restringido a personal con camisa de manga larga con protección de arco como mínimo de categoría 4(usada sobre vestido de algodón), y pantalones con protección como mínimo de 8 ante el arco eléctrico. Se tendrá una distancia de 1,12 m de protección ante el arco y choque eléctrico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 113 Falla en barra BT del sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Coordinación de protecciones:

4.2.4.1 Coordinación de protecciones aguas arriba de salida de inversor:

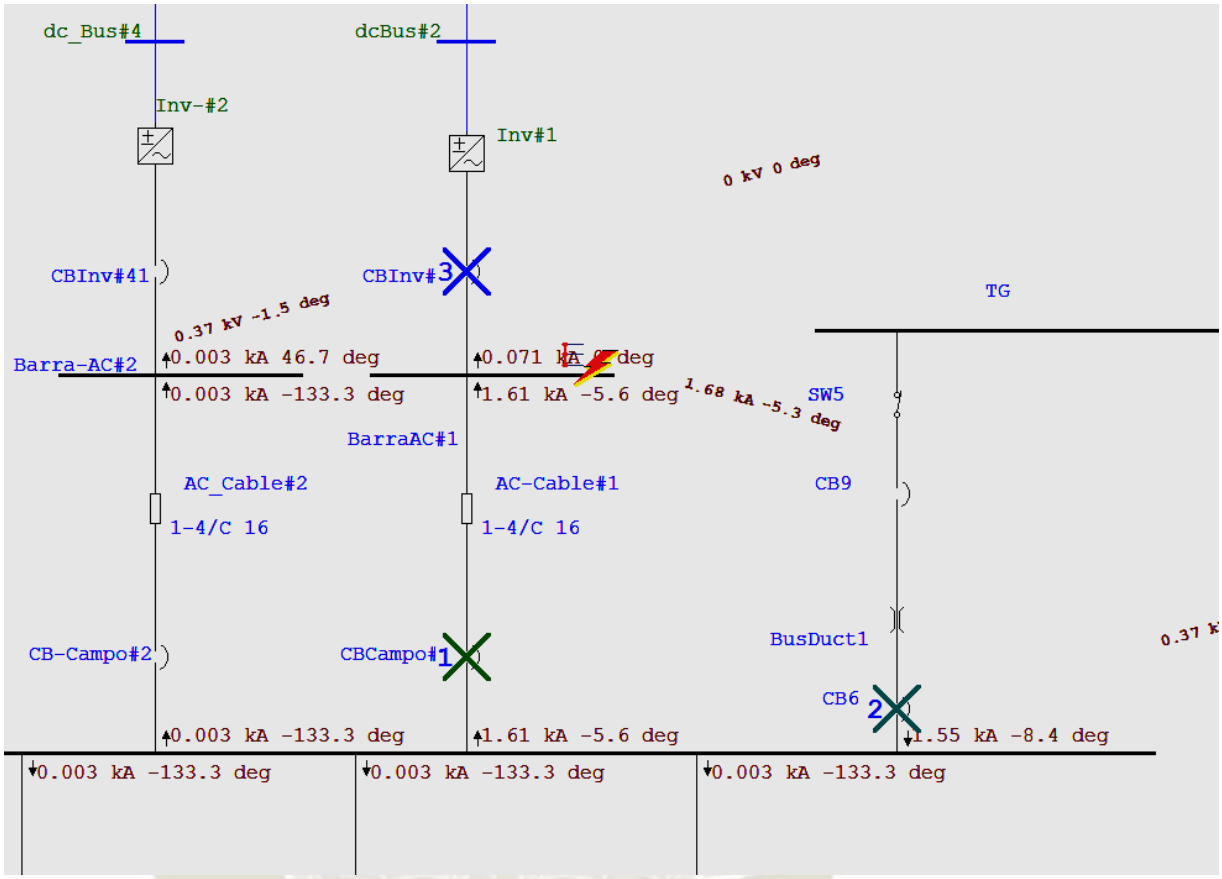
Los elementos de protección de cada grupo generador tienen que disparan en el tiempo y orden adecuado, para el caso de falla a la salida de inversor debe desconectarse primero de la barra BT del sistema fotovoltaico, lo cual se observa en el módulo de coordinación de protecciones de ETAP, de fallar tal protección se procedería con la desconexión de todo el sistema con el elemento CB6, finalmente será necesaria también la desconexión del inversor que aporta una corriente de 71 A(que dañaría el cableado).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 114 Secuencia de operación de protecciones en falla a la salida de inversores



Fuente: Elaboración propia, Nota: Generado por software ETAP

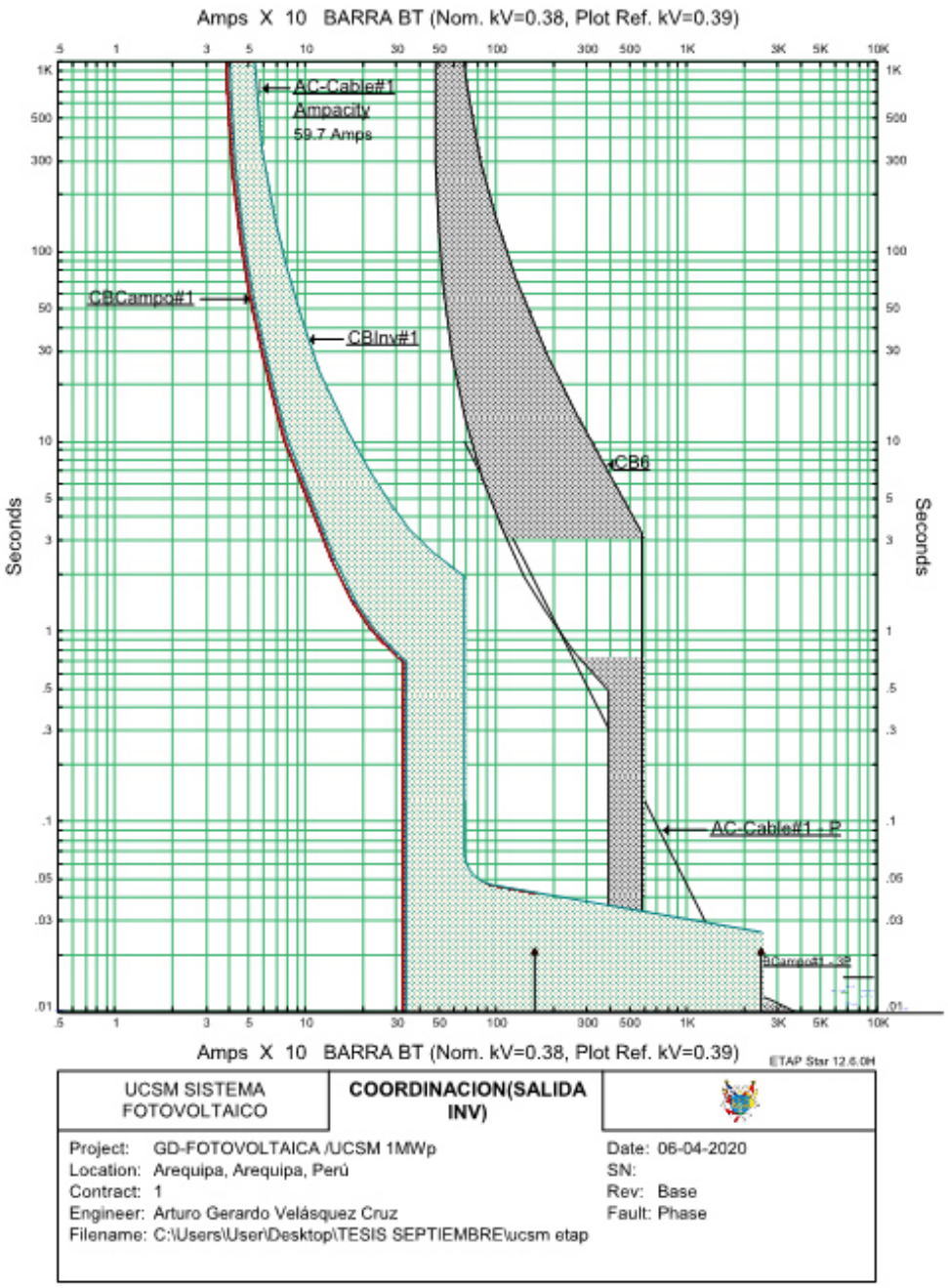
La configuración de los dispositivos de protección gráficamente quedara descrita con el gráfico de tiempo y corriente de los elementos (ver Figura 115), como se observa en la gráfica la capacidad de corriente del cable alimentador en funcionamiento nominal, se encuentra protegida al encontrase las protecciones aguas debajo de la barra BT a la izquierda de la línea de su capacidad. Por otro lado en caso de tiempos más cortos, en corrientes de cortocircuito las mismas protecciones satisfacen la máxima corriente de cortocircuito al encontrarse la curva del comportamiento lineal del cable en cortocircuito a la derecha de los márgenes de sus protecciones. De la gráfica también se observa que la curva de CB6 se encuentra a la derecha de las protecciones aguas debajo de la barra BT, por lo que se dará prioridad primero a la desconexión de cada grupo antes de sacar a todo el sisma de funcionamiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 115 Curva I-t de protecciones a la salida de inversores



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

4.2.4.2 Coordinación de protecciones aguas arriba de la barra BT

Como se ha descrito en la sección 4.2.2.2.2 la corriente de falla en cortocircuito se da en condiciones de falla bifásica a tierra, con 43,84 kA de falla en la fase C, la protección deberá

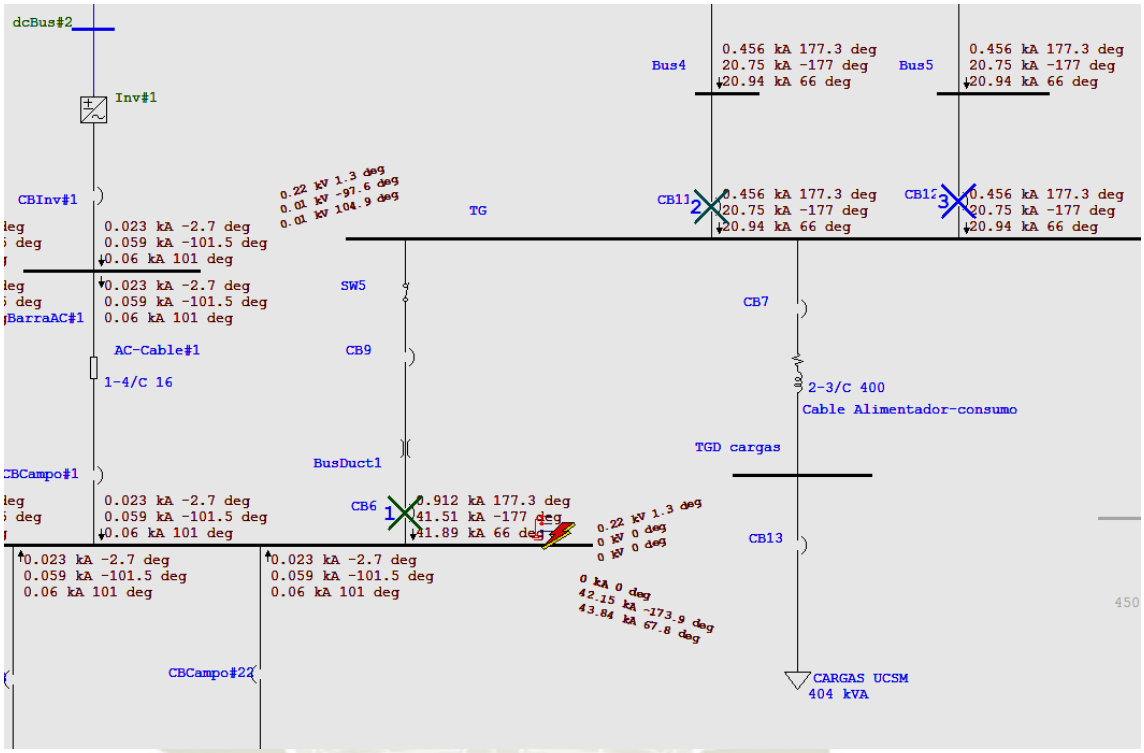
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

actuar primero desconectando la barra BT del tablero general de cargas con la protección CB6, luego CB11 y CB12 actuarán simultáneamente para desconectar el aporte de la corriente de falla de la red de distribución.

Figura 116 Secuencia de operación de protecciones en falla en la barra BT



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

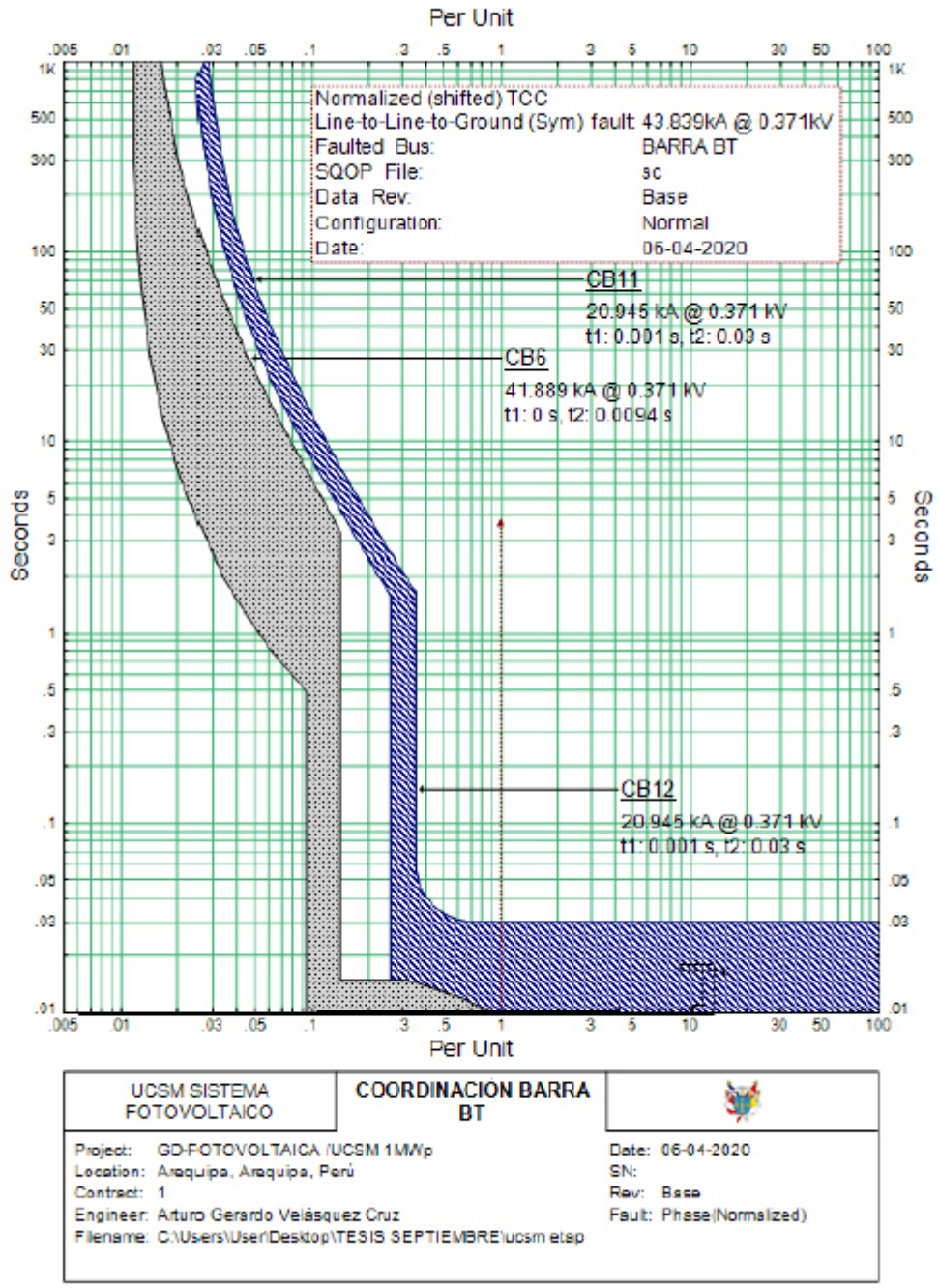
El diagrama corriente tiempo muestra tal prioridad en las conexiones, desconectando la barra TG de la barra BT, de no ser posible esto actuarían las protecciones CB11 y CB12, se puede observar también que la coordinación y los dispositivos de protección empleados satisfacen la condición de falla más crítica de cortocircuito (bifásica a tierra).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 117 Curva I-t de protecciones de barra BT



Fuente: Elaboración propia; Nota: Elaborado usando software ETAP

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3 Beneficio ambiental y disminución de emisiones de CO2

Además del beneficio económico, el proyecto del sistema fotovoltaico de GD significará un aporte al medio ambiente en disminución de emisiones de CO2 al usarse energía solar en la fuente primaria de consumo, la razón de disminución de emisiones considerada en Perú de acuerdo a su matriz energética del SEIN es de "0,5470 tonCO2/MWh" (Vazquez & Zuñiga, 2015).

Tabla 40 Reducción de emisiones de CO2

Periodo	Año	Energía generada (kWh)	Energía generada (MWh)	Reducción de emisiones (tonCO2)
0	2020.0	0.0	0.0	0.0
1	2021.0	1589601.4	1589.6	869.5
2	2022.0	1578474.1	1578.5	863.4
3	2023.0	1567424.8	1567.4	857.4
4	2024.0	1556452.9	1556.5	851.4
5	2025.0	1545557.7	1545.6	845.4
6	2026.0	1534738.8	1534.7	839.5
7	2027.0	1523995.6	1524.0	833.6
8	2028.0	1513327.6	1513.3	827.8
9	2029.0	1502734.3	1502.7	822.0
10	2030.0	1492215.2	1492.2	816.2
11	2031.0	1481769.7	1481.8	810.5
12	2032.0	1471397.3	1471.4	804.9
13	2033.0	1461097.5	1461.1	799.2
14	2034.0	1450869.8	1450.9	793.6
15	2035.0	1440713.8	1440.7	788.1
16	2036.0	1430628.8	1430.6	782.6
17	2037.0	1420614.4	1420.6	777.1
18	2038.0	1410670.1	1410.7	771.6
19	2039.0	1400795.4	1400.8	766.2
20	2040.0	1390989.8	1391.0	760.9
21	2041.0	1381252.9	1381.3	755.5
22	2042.0	1371584.1	1371.6	750.3
23	2043.0	1361983.0	1362.0	745.0
24	2044.0	1352449.1	1352.4	739.8
25	2045.0	1342982.0	1343.0	734.6
TOTAL		36574320.1	36574.3	20006.2

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 40 muestra el estimado en disminución de emisiones en ton de CO2, durante 25 años de vida del proyecto se tendría un total aproximado de 20000 toneladas de CO2 que se dejarían de emitir producto de la implementación del sistema fotovoltaico de GD.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 41 Incentivo por bonos de carbono estimado

Periodo	Año	Reducción de emisiones (tonCO2)	Incentivo por bonos de CO2(soles)
0	2020	0.0	0.0
1	2021	869.5	79473.4
2	2022	863.4	78917.1
3	2023	857.4	78364.7
4	2024	851.4	77816.1
5	2025	845.4	77271.4
6	2026	839.5	76730.5
7	2027	833.6	76193.4
8	2028	827.8	75660.0
9	2029	822.0	75130.4
10	2030	816.2	74604.5
11	2031	810.5	74082.3
12	2032	804.9	73563.7
13	2033	799.2	73048.7
14	2034	793.6	72537.4
15	2035	788.1	72029.6
16	2036	782.6	71525.4
17	2037	777.1	71024.8
18	2038	771.6	70527.6
19	2039	766.2	70033.9
20	2040	760.9	69543.6
21	2041	755.5	69056.8
22	2042	750.3	68573.4
23	2043	745.0	68093.4
24	2044	739.8	67616.8
25	2045	734.6	67143.5
TOTAL		20006.2	1828562.4

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar esta disminución es posible evaluar los incentivos de disminución en el mercado de bonos de carbono, que según Sendeco2 (2019), empresa dedicada a la compra-venta de bonos de carbono el valor promedio del bono de carbono por tonelada de CO2 que fue registrado durante el 2019 es de 24,84€(91,4 soles). Con tal valor se ha estimado el incentivo que se podría recibir por el proyecto durante 25 años (ver Tabla 41), se percibirá un aproximado de 1,8 millones de soles de ser apoyado con bonos de carbono durante 25 años.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4 Marco Legal y normatividad aplicable:

La Ley Nº 28832, indica que la GD se entiende como "instalación de generación con capacidad no mayor a la señalada en el reglamento, conectada directamente a las redes de un concesionario de distribución eléctrica" (OSINERGMIN, 2006).

Al mismo tiempo, el Decreto Legislativo Nº 1221, señala respecto a la GD: "Los usuarios del servicio público de electricidad que disponen de equipamiento de generación eléctrica renovable no convencional o de cogeneración, hasta la potencia máxima establecida para cada tecnología, tienen derecho a disponer de ellos, para su propio consumo o pueden inyectar sus excedentes al sistema de distribución, sujeto a que no afecte la seguridad operacional del sistema de distribución al cual está conectado" (El Peruano, 2015).

Entonces, ambas leyes aún en vigencia, se refieren al proyecto fotovoltaico presente, pero lamentablemente no existe a la fecha un reglamento nacional de GD, solamente existe una pre publicación de decreto supremo, que con la resolución ministerial Nº292-2018-MEM/DM se aprueba y se pone en consulta pública a remisión de opiniones y sugerencias tal pre publicación, cabe resaltar que esta misma señala sobre la GD que: "no existe marco normativo actual ningún mecanismo que posibilite la implementación de proyectos piloto". Por tales razones el presente proyecto ha de considerarla como referencia en materia técnica y como marco normativo para considerar aspectos para su desarrollo.

La instalación es de 1,06 MWp por lo que se encuentra en la categoría de mediana GD (entre 200kW y menor a 10MW), esta categoría se debe a la los distintos niveles de desempeño, conexionado y comercialización para inyección a la red distribuidora. La documentación necesaria para la implementación del proyecto deberá contar con los siguientes estudios y requisitos normativos que según el MINEM (2018) en su pre publicación, son los siguientes:

4.4.1 Estudios de conexión

Los estudios previos a la conexión para la empresa de distribución eléctrica, incluyen para la red:

- Intensidad admisible de corriente máxima en la red de distribución.
- Poder de corte de disyuntores y protecciones
- Comportamiento dinámico-térmico con corrientes de cortocircuito
- Niveles de tensión en el punto de entrega de la instalación de generación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Niveles de tensión de usuarios incluidos en la SE de MT funcionamiento del sistema de protección de la red pública.

Tales estudios pueden ser realizados por la empresa de distribución eléctrica o también por el prosumidor, de facilitarse datos y características de la red por parte del distribuidor.

4.4.2 Normas técnicas aplicables

En la actualidad no hay regulación técnica alguna para la GD. Pero la pre publicación del reglamento de GD da como pauta que se deberá contar con una metodología que considere los siguientes aspectos:

- Definir la potencia máxima de GD para su conexionado
- Cálculo de corrientes de cortocircuito
- Metodología para precisar la potencia máxima según el nivel de tensión (MT o BT)
- Sistemas de protección de las instalaciones de GD
- Comportamiento y respuesta de la instalación a variaciones de frecuencia, perturbaciones en tensión-frecuencia, calidad de onda, flickers.
- Desbalance, variadores de tensión y desconexión, perturbación de generadores, control de performance.

Gran parte de tales estudios han sido realizados y analizados en la sección 4.2 , los demás relacionados a comportamiento de la red, respuesta, desbalance se pueden determinar una vez aprobado el reglamento de GD en conjunto con la empresa distribuidora local debido a que se requiere información y estudios específicos de carácter técnico-operativo de la red como lo establece la pre publicación normativa de GD, en este caso SEAL.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

En esta tesis se han diseñado y analizado los componentes en operación de un sistema solar fotovoltaico de GD usando software ETAP que satisfacen el autoconsumo de las instalaciones de la UCSM, encontrándose un costo de energía de S/0,11/kWh para GD, se tiene en GD mayor factibilidad económica con respecto a un sistema autónomo, mostrando una TIR del 7% y un tiempo de recuperación de la inversión de 11 años en GD, para un sistema autónomo se tiene una TIR del 4% y 16 años de tiempo de recuperación de inversión.

Se observó alto potencial de irradiación para la ubicación de la UCSM en Arequipa, como mínimo mensual diario se tienen 4,36 kWh/m^2, llegando a 6 kWh/m^2 en condiciones mínimas de irradiación para una inclinación óptima de 15º y con un azimut de 30º. Además, se indagó que la normatividad peruana aplicable para el diseño de la instalación fotovoltaica de GD no se encuentra en vigencia, quedando supeditadas la factibilidad y viabilidad técnica a la aprobación de la normatividad de GD en el Perú, siendo la pre publicación del reglamento de GD dado por la RM Nº292-2018-MEM/DM la única referencia normativa específica, por lo que se han realizado estudios de carga, flujos de potencia, análisis de cortocircuito y coordinación de protecciones considerados en dicha pre publicación normativa.

Se han determinado los equipos considerando y evaluando el consumo eléctrico de la UCSM en función a su comportamiento promedio diario anual de 4321,7 kWh realizándose el dimensionado para un tiempo proyectado de 25 años, teniendo que instalarse 1,1 MWp para los cuales se dispone de 6314m^2 de área horizontal en techos del campus de la universidad, tanto para un sistema fotovoltaico de autoconsumo acoplado a la red como para un sistema autónomo.

Se determinó que los módulos policristalinos AE7P325-VB5B de 325 Wp serán los más efectivos evaluando su relación costo por unidad de potencia suministrada con respecto a otras alternativas, que ocuparán un área horizontal aproximada en conjunto de 6240 m^2, en el caso de generación autónoma se requerirán 3216 módulos, agrupados en 268 campos controlados de 12 módulos (4 en serie y 3 en paralelo), mientras que para GD se requerirán 3276 módulos, en 39 campos de 84 módulos (21 en serie y 4 en paralelo), se dimensionaron además, en función a la potencia y características nominales de cada grupo, inversores, cableado, reguladores de carga, baterías y demás elementos adicionales propios cada sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Se estudió el comportamiento del sistema en diferentes condiciones de operación de carga y falla, mediante software ETAP, donde se verificó la correcta operación del sistema de GD en condiciones de cortocircuito, choque y arco eléctrico. Se ha observado el correcto funcionamiento en la coordinación de protecciones contra fallas eléctricas y en condiciones de carga nominales, donde se tendrá que regular el TAP al 2,5% en el devanado primario en los transformadores de la subestación, además se han definido los márgenes y nivel de protección en barras dado por la energía irradiada, en DC serán 0,02 cal/cm^2 por grupo generador, mientras que en AC de 0,33 cal/cm^2 por grupo y 2,94 cal/cm^2 en barra general de BT en caso de falla por arco eléctrico.

Finalmente, se ha determinado el beneficio ambiental que significaría la implementación de la instalación solar fotovoltaica, teniendo una reducción de 20000 toneladas de CO2 equivalentes durante el tiempo de vida estimado de 25 años, que además significarían 1,8 millones de soles en el mercado de bonos de carbono, mostrando alta viabilidad para su puesta en marcha.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

About Us ETAP. (2019). https://etap.com/company/about-us

Aceros Arequipa. (2020). *Aceros Arequipa: Productos*. Barras Lisas y Perfiles. http://www.acerosarequipa.com/index.php?id=425

Agundis-Tinajero, G., Segundo-Ramírez, J., Visairo-Cruz, N., Savaghebi, M., Guerrero, J. M., & Barocio, E. (2019). Power flow modeling of islanded AC microgrids with hierarchical control. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, *105*(Mayo 2018), 28-36. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.08.002

Al-Qayim, K. (2019). Integrated solar thermal combined cycle for power generation in Iraq. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *518*, 042002. https://doi.org/10.1088/1757-899X/518/4/042002

Aliexpress. (2020). *CENB1-63DC interruptor de circuito de CC*. DC breaker10A 16A 25A 32A 40A 50A 63A MCB. https://es.aliexpress.com/item/32868021131.html

Arenas Sanchez, D. A., & Zapata Castaño, H. S. (2011). *LIBRO INTERACTIVO SOBRE ENERGIA SOLAR Y SUS APLICACIONES* (Repositorio de la Universidad Tecnológica dePereira.(Ed.)).http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2369/62131244A681.pdf?sequence=1

BCRP. (2020). *Tasa de Referencia de la Política Monetaria*. Estadísticas BCRP. https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PD04722MM/html/2019-1/2020-4/

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Berrino, C. H., Silva, L. I., & Bucciarelli, A. (2018). Cálculo y Diseño de una Planta Fotovoltaica en el Marco del Programa Nacional de Fomento para el Uso de Energías Renovables. *Revista Pymes, Innovación y Desarrollo*, *6*(1), 24-43.

Bertrand, C., Housmans, C., Leloux, J., & Journée, M. (2018). Solar irradiation from the energy production of residential PV systems. *Renewable Energy*, *125*, 306-318. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.036

Bordigoni, M., & Gilotte, L. (2017). Costing network services for consumers with photovoltaic self-generation. *CIRED - Open Access Proceedings Journal*, *2017*(1), 2645-2648. https://doi.org/10.1049/oap-cired.2017.0777

Boxwell, M. (2017). *Solar Electricity Handbook* (11.ª ed.). Greenstream Publishing Ltd.

Cárcel Carrasco, F. J., & Martínez Márquez, D. (2015). La energía geotérmica de baja entalpía.*3CTecnología*,*4*,96-108. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2015.v4n3e15.96-108

Carlos, M., Villanueva, T., Agusto, Y., & Medrano, A. (2017). *Normativad Nacional E Internacional Para La Microgeneración Fotovoltaica En El Perú*. 13-17.

Castillo, F., Aguila, A., & González, J. (2016). Analysis of Stability of Tension and Losses of Electric Power in Distribution Networks with Distributed Generation. *IEEE Latin America Transactions*, *14*(11), 4491-4498. https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7795819

Cengel, Y. A. (2007). *Heat and Mass Transfer. A Practical Approach* (McGraw-Hill Higher Education (Ed.); 3.ª ed., Vol. 1, Número 12).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Chen, R., Rao, Z., Liao, S., Liu, G., & Li, D. (2019). Analysis and optimization the size of heliostat field and thermal energy storage for solar tower power plants. *Energy Procedia*, *158*, 712-717. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.191

Colmenar Santos, A., Borge Díaz, D., Collado Fernández, E., & Castro Gil, M. A. (2015). *Generación distribuida, autoconsumo y redes inteligentes* (U. N. de E. a D. UNED (Ed.); 1.ª ed., Vol. 1). Universidad Nacional de Educación a Distancia.

CYPE Ingenieros S.A. (2020). *Generador de Precios. Perú-Estructura metálica realizada con pórticos*.

http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=11.46%7C1%7C1%7CEAM010%7Chac_acerolam_todosestructura:_0_0_0_0%7Ceam_cuanportico:_0_7900%7Cluznave portico:_0_0_0

DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATTION. (2020). *Programa de cálculo de la velocidad* del viento. http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpowerweb/es/tour/wres/calculat.htm

El Peruano. (2015, septiembre). *DECRETO LEGISLATIVO Nº 1221*. https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-mejora-la-regulacion-de-la-distribuc-decreto-legislativo-n-1221-1291565-11/

Eliseo Sebastian. (2018). *Plantas fotovoltaicas grandes en Perú | EliseoSebastian.com*. https://eliseosebastian.com/plantas-fotovoltaicas-mas-grandes-de-latinoamerica/

ENCO. (2018). *TÜV SOLAR CABLE (H1Z2Z2-K)* . CAVI E CONDUTTORI ELETTRICI. http://static.lvengine.net/alvesmcdade/Imgs/produtos/product_27569/TUV_SOLAR_EN50618_H1Z2Z2-K_with_Appendix_-_E4_-.pdf

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Etap18.1.1 release. (2019). https://etap.com/product-releases/etap18-1-release

Exposito, G., Ramos, M., Macias, R., & Ramos, R. (2003). *Sistemas eléctricos de potencia: problemas y ejercicios resueltos* (Pearson Educación (Ed.)). SA.

Fairley, P. (2015). Molten salt tower reboots solar thermal power. *IEEE Spectrum*, *52*(11), 11-12. https://doi.org/10.1109/mspec.2015.7335884

Fedorov, A. (2015). *Photovoltaic System Design for a Contaminated Area in Falun – Comparison of South and East- West Layout* [Dalarna University]. http://docs.neu.edu.tr/library/6687245295.pdf

Flores Trejo, D. E., Fung González, M., & Barragán López, A. (2011). Energía Solar, una Energía Alternativa Ante el Cambio Climático. *Kuxulkab'*, *17*(33).

Fraga de Cal, B., & Fraga López, P. (2014). Desarrollo urbano con generación distribuida. *Dínamo técnica: revista gallega de energía*, *15*, 15-19.

García Domenique, J. R. (2017). *Diseño De Un Sistema De Iluminación Led Con Celdas Solares Autónomas Para Áreas Externas De La U.C.S.M.* UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA.

Google Maps. (2019). *Universidad Católica De Santa Maria - Google Maps*. https://www.google.com/maps/dir/Plaza+de+Armas+de+Arequipa,+Arequipa/Universidad+Católica+De+Santa+Maria,+Urb.+San+José,+San+Jose+s%2Fn,+Yanahuara+04013/@-16.4060947,-71.5497322,384m/data=!3m1!1e3!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x91424a59ffae2999:0xc419f49

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Greenmatch. (2019). *Advantages & Disadvantages of Solar Energy*. https://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/08/5-advantages-and-5-disadvantages-of-solar-energy

Grisales, L. F., Restrepo, B. J., & Jaramillo, F. (2017). Ubicación y Dimensionamiento de Generación Distribuida: Una revisión. *Ciencia e ingenieria neogranadina*, *27*(2), 157-176. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2344 rEsumEN

Hoffmann, V. U., & Goetzberger, A. (2005). Photovoltaic Solar Energy Generation. En *Springer Berlin Heidelberg New York Library*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/b137803

IEEFA. (2019, mayo 30). *IRENA: Renewables now the lowest-cost power source in most of the world*. Energy Investment Trends. https://ieefa.org/irena-renewables-now-the-lowest-cost-power-source-in-most-of-the-world/

INDECO. (2020). *NYY-Promelsa*. http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000648.pdf

INDIAMART. (2019). *325 Wp Panasonic Poly Crystalline Solar Panels*. https://www.indiamart.com/proddetail/panasonic-poly-crystalline-solar-panels-17091164988.html

Iqbal, M. (2012). *An introduction to solar radiation*. Academic Press.

Jäger, K., Isabella, O., Smets, A. H. M., & van Swaaij , René A.C.M.M. Zeman, M. (2014). *Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems* (Delft University of Technology (Ed.)). https://doi.org/10.1007/978-3-319-03074-6_4

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Jin, Z., Xu, K., Zhang, Y., Xiao, X., Zhou, J., & Long, E. (2017). Installation Optimization on the Tilt and Azimuth Angles of the Solar Heating Collectors for High Altitude Towns in Western Sichuan. *Procedia Engineering*, *205*, 2995-3002. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.225

Jurasz, M., & Mikulik, J. (2019). Energy self-consumption from PV systems: estimations for two office buildings in Krakow (Poland). *E3S Web of Conferences*, *100*, 00030. https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000030

Kothari, D. P., & Nagrath, J. (2011). *Modern power system analysis* (Tata McGraw-Hill Education (Ed.)).

Li, D., Huang, W., Qi, Y., Wang, H., & Yi, F. (2017). Multi-aiming strategy design for quadruple prism shaped central receiver in solar power tower system. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, *4*(2), 223-230. https://doi.org/10.1109/jas.2017.7510511

Liu, F. M., Cheng, Z. R., Peng, Y. D., Tang, X. H., & Yan, J. (2017). Design and implementation of a 38 kW dish-Stirling concentrated solar power system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *93*, 012052. https://doi.org/10.1088/1755-1315/93/1/012052

Liu, K., Wang, C., Wang, W., Chen, Y., & Wu, H. (2019). Linear power flow calculation of distribution networks with distributed generation. *IEEE Access*, *7*, 44686-44695. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2909325

Load Flow Software| ETAP. (2019). https://etap.com/product/load-flow-software

López Valdivia, A. (2010). *Viabilidad económica y planificación de sistemas eléctricos con generación distribuida*. Universidad de Jaén.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Mamani Ramos, M. I. (2019). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE ELECTRICIDAD DEL PABELLÓN "R" DE LA U.C.S.M.* Universidad Católica de Santa María.

Medina Rincón, S., & Venegas Camargo, A. (2018). Energías renovables un futuro optimo para Colombia. *Punto de Vista*, *9*.

Mendoza Dalguerre, J. R., & Pauca Cuarite, C. Y. (2018). DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO E INTERCONECTADO DE 100 KW PARA EL AUTOABASTECIMIENTO ELÉCTRICO, Y REDISEÑO DE LA ILUMINACIÓN EXISTENTE USANDO LÁMPARAS LED, PARA EL FUNDO LA CATÓLICA MAJES [Universidad Católica De Santa María Facultad]. En *Repositorio de Tesis UCSM*. https://doi.org/10.1590/s1809-98232013000400007

Miguel Pareja Aparicio. (2010). *Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada* (Marcombo(Ed.);2.ªed.).https://books.google.com.pe/books?id=rqYaRcRiJFsC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

MINEM. (2018). *Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Generación Distribuida*. PRE PUBLICACIONES. http://www.minem.gob.pe/prepublicacionesSectorDetalles.php?idSector=6amp;idTitular=3828&idPrepublicacion=240

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MINEM. (2020). *Ministerio de Energía y Minas - Estadísticas Eléctricas Mensuales - Electricidad*. INDICADORES DEL SECTOR ELÉCTRICO A NIVEL NACIONAL. http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&idTitular=644&idMenu=sub115&idCateg=355

Mohammad Bagher, A. (2016). Types of Solar Cells and Application. *American Journal of Optics and Photonics*, *3*(5), 94. https://doi.org/10.11648/j.ajop.20150305.17

Munkhchuluun, E., & Meegahapola, L. (2018). Impact of the solar photovoltaic (PV) generation on long-term voltage stability of a power network. *2017 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia: Smart Grid for Smart Community, ISGT-Asia 2017*, 1-6. https://doi.org/10.1109/ISGT-Asia.2017.8378456

NASA. (2019). *Power Data Access Viewer*. https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

Nuñez, M., Correa, J., Herrera, G., Gómez, P., Morón, S., Fonseca, N., Caliz, A., & Banco, E. (2018). *Study of Perceptions on Clean and Self-Sustainable Energ*. *3*(1), 11-15.

Osinergmin. (2018). *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería*. https://www.osinergmin.gob.pe/

Osinergmin. (2020, enero). *Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad*. Pliego Tarifario. https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario.aspx?Id=40000

OSINERGMIN. (2006). *LEY Nº 28832 «Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la Generación Eléctrica»*.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Pacheco, O. (2019, julio). Necesidad de reglamentar la generación distribuida y el autoconsumo en el Perú. *REVISTAENERGIA.PE*,25-2727.https://es.calameo.com/books/0005573836811287d495b

Perpiñán Lamigueiro, O. (2013). *ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica* (Creative Commons (Ed.); 5.ª ed.). http://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf%0AEsta

Preciado Garcés, A. M. (2017). *Diseño y Cálculo de Estructura Soporte para Paneles Solares*. Universitat Politècnica de València.

Raj, V., & Kumar, B. K. (2019). A modified affine arithmetic-based power flow analysis for radial distribution system with uncertainty. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, *107*(Junio 2018), 395-402. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.12.006

REN21. (2018). *RENEWABLES 2018 GLOBAL STATUS REPORT*. https://doi.org/978-3-9818911-3-3

REN21. (2019). *Renewables - 2019 Global Status Report*.

RevisionEnergy. (2019). *Solar Is An Abundant Resource*. https://www.revisionenergy.com/why-go-solar/solar-is-an-abundant-resource/

Rojas Hernández, R. (2011). *Caracterización espectral de células solares comerciales*. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA.

Romero-Fiances, I., Muñoz-Cerón, E., Espinoza-Paredes, R., Nofuentes, G., & De La Casa, J. (2019). Analysis of the performance of various pv module technologies in Peru. *Energies*, *12*(1). https://doi.org/10.3390/en12010186

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Rosenzweig, C., Horton, R. M., Bader, D. A., Brown, M. E., DeYoung, R., Dominguez, O., Fellows, M., Friedl, L., Graham, W., Hall, C., Higuchi, S., Iraci, L., Jedlovec, G., Kaye, J., Loewenstein, M., Mace, T., Milesi, C., Patzert, W., Stackhouse, P. W., & Toufectis, K. (2014). Enhancing Climate Resilience at NASA Centers: A Collaboration between Science and Stewardship. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *95*(9), 1351-1363. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00169.1

Saadat, H. (1999). *Power system analysis* (MCGRAW-HILL (Ed.)). Kevin Kane.

Salvador Escoda. (2017). *Libro Blanco de las Energías Renovables* (División de Energías Renovables(Ed.);18.1).https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf

Sarria, V., Parra, S., Rincón, Á., & Torres, R. (2005). Nuevos sistemas electroquímicos y fotoquímicos para el tratamiento de aguas residuales y de bebida. *Revista Colombiana de Química*, *34*(2), 161-173.

SENAMHI. (2019). *Datos y Mapa de Radiación Solar del Perú*. https://www.energie.ws/datos-radiacion-solar-peru-senamhi

SENCICO. (2019). *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) vigentes.* Normalización. https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230

Sendeco2. (2019). *Precios CO2*. https://www.sendeco2.com/es/precios-co2

Shuvho, M. B. A., Chowdhury, M. A., Ahmed, S., & Kashem, M. A. (2019). Prediction of solar irradiation and performance evaluation of grid connected solar 80KWp PV plant in Bangladesh. *Energy Reports*, *5*, 714-722. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.06.011

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Smil, V. (2019). Distributed generation and megacities: Are renewables the answer? *IEEE Power and Energy Magazine*, *17*(2), 37-41. https://doi.org/10.1109/MPE.2018.2884112

Stern, D. P. (2004). *Latitude and Longitude History*. NASA, Goddard Space Flight Center. http://irem-fpb.univ-lyon1.fr/feuillesprobleme/feuille7/eratosthene/latitude_longitude.pdf

Tamanna Eshita, S., Hossain, A., & Raihan, O. (2010). *Design and Simulation of a Solar PV System for BRAC University*. BRAC University.

UCSM. (2016). *Los 55 años de la Casa Santamariana - Universidad Católica de Santa María*. https://www.ucsm.edu.pe/los-55-anos-de-la-casa-santamariana/

Valizade, M., Heyhat, M. M., & Maerefat, M. (2019). Experimental study of the thermal behavior of direct absorption parabolic trough collector by applying copper metal foam as volumetric solar absorption. *Renewable Energy*, *145*, 261-269. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.112

Vazquez, L., & Zuñiga, B. (2015). *Proyecto de Prefactibilidad para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica y Térmica en el Campamento Minero Comihuasa Proyecto de Prefactibilidad para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica y Térmica en el Campamento.1*,196.http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/593339/1/TESIS+FINAL.pdf

Vezzoli, C., Ceschin, F., Osanjo, L., M'Rithaa, M. K., Moalosi, R., Nakazibwe, V., & Diehl, J. C. (2018). *Designing Sustainable Energy for All*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70223-0

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Vieira, D., Shayani, R. A., & De Oliveira, M. A. G. (2016). Net metering in Brazil: Regulation, opportunities and challenges. *IEEE Latin America Transactions*, *14*(8), 3687-3694. https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7786351

Wholesale Solar. (2019). *Canadian Solar CS6U-335P Silver Poly Solar Panel*. https://www.wholesalesolar.com/1930010/canadian-solar/solar-panels/canadian-solar-cs6u-335p-silver-poly-solar-panel

Windfinder. (2020). *Estadísticas del viento y del tiempo Arequipa*. https://es.windfinder.com/windstatistics/arequipa

WORLD BANK GROUP. (2019). *Global Solar Atlas*. https://globalsolaratlas.info/?c=-7.667441,-69.875954,5&s=-15.3241,-73.0575

Zamora Parra, B., & Viedma Robles, A. (2016). *Máquinas Hidráulicas Teoría y Problemas* (Crai (Ed.); 1.ª ed.).

Zielke, D., Niehaves, C., Lövenich, W., Elschner, A., Hörteis, M., & Schmidt, J. (2015). Organic-silicon Solar Cells Exceeding 20% Efficiency. *Energy Procedia*, *77*, 331-339. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

7 ANEXOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO A: FICHAS Y HOJAS DE DATOS TÉCNICOS DE EQUIPOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GD

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANCHOR by Panasonic

320-325-330 Watt

POLYCRYSTALLINE SOLAR MODULE

AE7P320VB5B • AE7P325VB5B • AE7P330VB5B

• Salient Features



High module conversion efficiency
Module efficiency up to 16.9% achieved through advanced cell technology and manufacturing capabilities

Positive tolerance
Positive tolerance of up to 5W delivers higher output reliablity

High PID resistant
Advanced cell technology and qualified materials lead to high resistance to PID

Anchor current sorting process
System output maximized by reducing mismatch losses up to 2% with modules sorted & packaged by amperage

Extended wind and snow load tests
Module certified to withstand extreme wind (3800 Pascal) and snow loads (5400 Pascal) *

Withstanding harsh Environment
Reliable quality leads to a better sustainability even in harsh environment like desert, farm and coastline

Salt mist resistant
Salt mist corrosion resistant.
Suitable for seaside environment.

Ammonia resistant
Ammonia resistant. Suitable for farm environment.

Excellent weak light performance
Excellent performance under low light conditions

IEC DIN EN 61215 (VDE 0126 - 31)
DIN EN 61730 - 1 (VDE 0126 Teil)
DIN EN 61730 - 2 (VDE 0126 30 -1 - 30 - 2)

Certifications and standards:
IEC 61215, IEC 61730
IEC 62804 | IEC 62716 | IEC 61701

Trust Anchor to Deliver Reliable Performance Over Time

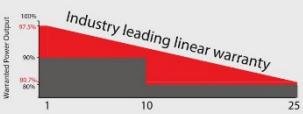
- World-class manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Unrivaled manufacturing capacity and world-class technology
- Rigorous quality control meeting the highest international standards: ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 and ISO17025: 2005
- Regular independently checked production process from international accredited institute/company
- Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing testing: IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2-68)***
- Long-term reliability tests
- 2 x 100% EL inspection ensuring defect-free modules



Special 5 busbar design

The unique cell design leads reduction in electrodes resistance, shading area and raise in conversion efficiency. Residual stress distribution can be more even, reducing the micro-cracks risks.

Industry-leading Warranty based on nominal power



- 97.5% in the first year, thereafter, for years two (2) through twenty-five (25), 0.7% maximum decrease from MODULE's nominal power output per year, ending with the 80.7% in the 25th year after the defined WARRANTY STARTING DATE.****
- 12-year product warranty
- 25-year linear performance Warranty



IP67 Rated Junction Box

The Anchor IP67 rated junction box ensures an outstanding waterproof level, supports installations in all orientations and reduces stress on the cables. High reliable performance, low resistance connectors ensure maximum output for the highest energy production.

* Please refer to Anchor Standard Module Installation Manual for details. **PV Cycle only for EU market.
*** Please refer to Anchor Product Near-coast Installation Manual for details. **** Please refer to Anchor Product Warranty for details.

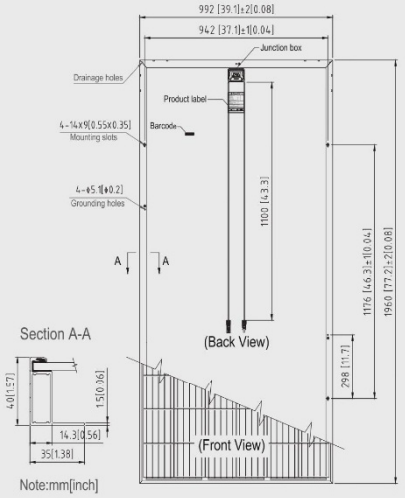
email: solar@anchor-world.com

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

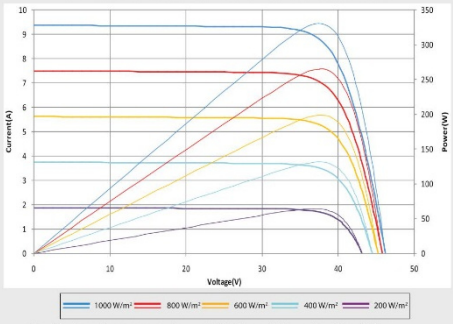
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANCHOR by Panasonic



Current-Voltage & Power-Voltage Curve (330-24)



Excellent performance under weak light conditions: at an irradiation intensity of 200 W/m² (AM 1.5, 25 °C), **96.5%** or higher of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved

Dealer information

Electrical Characteristics

STC	AE7P330 VB5B	AE7P325 VB5B	AE7P320 VB5B
Maximum Power at STC (Pmax)	330 W	325 W	320 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	37.5V	37.3V	37.1 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.81A	8.72A	8.63A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.2V	45.9 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.38A	9.26 A	9.14A
Module Efficiency	16.9%	16.7%	16.5%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C		
Maximum System Voltage	1000 V DC (IEC)		
Maximum Series Fuse Rating	20 A		
Power Tolerance	0/+5 W		

STC: Irradiance 1000 W/m², module temperature 25 °C, AM=1.5;
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/-3%

NOCT	AE7P330 VB5B	AE7P325 VB5B	AE7P320 VB5B
Maximum Power at NOCT (Pmax)	244W	240W	235W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	34.4V	34.2V	33.9V
Optimum Operating Current (Imp)	7.22A	6.99 A	6.94 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.5V	42.2V	41.9 V
Short Circuit Current (Isc)	7.63A	7.49A	7.40 A

NOCT: Irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, AM=1.5, wind speed 1 m/s;
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/-3%

Temperature Characteristics	
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.41 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.33 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.067 %/°C

Mechanical Characteristics	
Solar Cell	Polycrystalline silicon 6 inches
No. of Cells	72 (6 × 12)
Dimensions	1960 × 992 × 40mm (77.2 × 39.1 × 1.6 inches)
Weight	25.9 kgs (57.1 lbs.)
Front Glass	4.0 mm (0.16 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP67 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	TUV (2Pfg1169:2007)
	4.0 mm2 (0.006 inches2), symmetrical lengths (-) 1100mm (43.3 inches) and (+) 1100 mm (43.3 inches)
Connectors	MC4 compatible

Anchor Electricals Pvt. Ltd.
3rd Floor, B wing, I-Think Techno Campus, Pokhran Road No 2,
Thane (west), Thane - 400607 Maharashtra
T: (9122) 30418888 | F: (9122) 30418884/5/6/7
Customer Care Cell: 1800-103-8606 / Email: solar@anchor-world.com
www.anchor-world.com

Packing Configuration			
Container	**20' GP**	**20' GP**	**40' HC**
Pieces per pallet	25	25	25
Pallets per container	5	12	24
Pieces per container	125	300	600

Information on how to install and operate this product is available in the installation instruction. All values indicated in this data sheet are subject to change without prior announcement. The specifications may vary slightly. All specifications are in accordance with standard EN 50380. Color differences of the modules relative to the figures as well as discolorations of/in the modules which do not impair their proper functioning are possible and do not constitute a deviation from the specification.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CanadianSolar



MAXPOWER

CS6U-325|330|335|340P

Canadian Solar's modules use the latest innovative cell technology, increasing module power output and system reliability, ensured by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

KEY FEATURES

- Excellent module efficiency of up to 17.49%
- Outstanding low irradiance performance up to 96.5 %
- No.1 PTC — High PTC rating of up to 92.21 %
- IP68 — IP68 junction box for long-term weather endurance
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa

25 years — **linear power output warranty**

10 years — **product warranty on materials and workmanship**

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system

ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system

OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / CQC / MCS / INMETRO / CEC AU

UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)

UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE

UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1

IEC 60068-2-68: SGS

Take-e-way

* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR (USA), INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 22 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

*For detail information, please refer to Installation Manual.

CANADIAN SOLAR (USA), INC.
3000 Oak Road, Suite 400, Walnut Creek, CA 94597, USA | www.canadiansolar.com/na | sales.us@canadiansolar.com

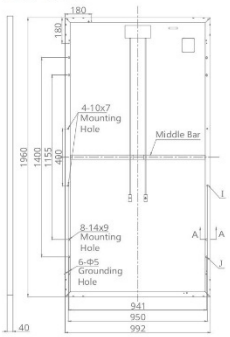
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

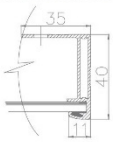
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ENGINEERING DRAWING (mm)

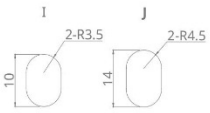
Rear View



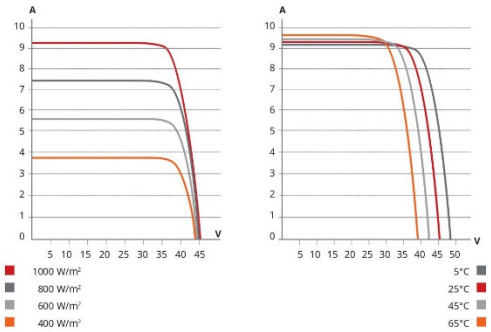
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS6U-320P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6U	325P	330P	335P	340P
Nominal Max. Power (Pmax)	325 W	330 W	335 W	340 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.0 V	37.2 V	37.4 V	37.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.78 A	8.88 A	8.96 A	9.05 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.5 V	45.6 V	45.8 V	45.9 V
Short Circuit Current (Isc)	9.34 A	9.45 A	9.54 V	9.62 A
Module Efficiency	16.72%	16.97%	17.23%	17.49%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m2, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6 × 12)
Dimensions	1960 × 992 × 40 mm (77.2 × 39.1 × 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 diodes
Cable	4.0 mm_2 (IEC), 12 AWG (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series (IEC / UL)
Per Pallet	26 pieces. 635 kg (1400 lbs)
Per Container (40' HQ)	624 pieces

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6U	325P	330P	335P	340P
Nominal Max. Power (Pmax)	239 W	242 W	246 W	250 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	34.0 V	34.2 V	34.4 V	34.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.01 A	7.08 A	7.15 A	7.22 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.4 V	42.5 V	42.6 V	42.7 V
Short Circuit Current (Isc)	7.54 A	7.63 A	7.70 A	7.77 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m2, spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	43±2 °C

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, with an average relative efficiency of 96.5 % from irradiances, between 200 W/m² and 1000 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

PARTNER SECTION

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AstroHalo™

High Tech Leads Industry



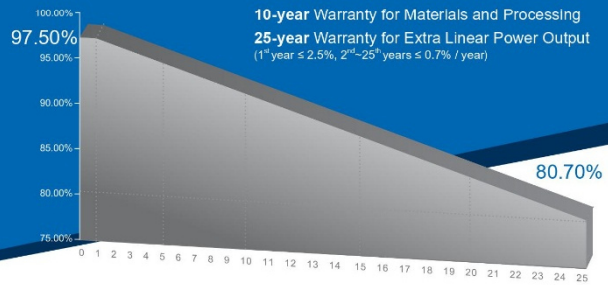
340W~355W

5BB-Polycrystalline PV Module

CHSM6612P Series
CHSM6612P/HV Series

CHSM6612P max system voltage 1000V standard
CHSM6612P/HV max system voltage 1500V standard

Tier 1 Bloomberg | No.1 PHOTON | Underwritten by International Insurer | DNV GL 2018 TOP Performance



10-year Warranty for Materials and Processing
25-year Warranty for Extra Linear Power Output
(1st year ≤ 2.5%, 2nd~25th years ≤ 0.7% / year)

COMPREHENSIVE CERTIFICATES

First solar company which passed the TUV Nord IEC/TS 62941 certification audit.

KEY FEATURES

+5W — **OUTPUT POSITIVE TOLERANCE**
Guaranteed 0~+5W positive tolerance ensures power output reliability.

PERC — **INNOVATIVE PERC CELL TECHNOLOGY**
Excellent cell efficiency and output.

EXCELLENT STATICMECHANICAL LOAD CAPABILITY
Certified to withstand: front load (6000 Pa) and back load (3600 Pa).

HIGHER RELIABILITY AND DURABILITY
Effectively deals with harsh environments,such as sand, salt mist and ammonia resistance.

PASSED HAIL TEST
Certified to hail resistence: ice ball size (d=45mm) and ice ball velocity (v=30.7m/s).

Anti PID — **PID RESISTANCE**
Excellent PID resistance at 96 hours (@85°C /85%) test, and also can be improved to meet higher standards for the particularly harsh environment.

For Global Market

ASTRONERGY
A CHINT COMPANY

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

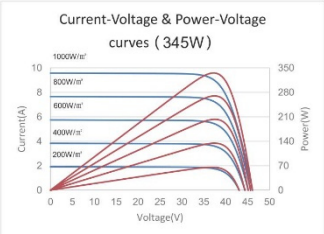
ELECTRICAL SPECIFICATIONS

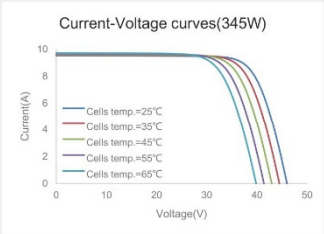
STC rated output (P_{mpp})*	340 Wp	345 Wp	350 Wp	355 Wp
Rated voltage (V_{mpp}) at STC	37.33 V	37.38 V	37.48 V	37.55 V
Rated current (I_{mpp}) at STC	9.11 A	9.23 A	9.34 A	9.46 A
Open circuit voltage (V_{oc}) at STC	46.16 V	46.37 V	46.57 V	46.70 V
Short circuit current (I_{sc}) at STC	9.62 A	9.67 A	9.72 A	9.78 A
Module efficiency	17.5%	17.7%	18.0%	18.3%
Rated output (P_{mpp}) at NOCT	237.4 Wp	240.9 Wp	244.4 Wp	247.9 Wp
Rated voltage (V_{mpp}) at NOCT	34.10 V	34.15 V	34.24 V	34.29 V
Rated current (I_{mpp}) at NOCT	6.96 A	7.05 A	7.14 A	7.23 A
Open circuit voltage (V_{oc}) at NOCT	42.36 V	42.55 V	42.73 V	42.85 V
Short circuit current (I_{sc}) at NOCT	7.44 A	7.48 A	7.52 A	7.56 A
Temperature coefficient (P_{mpp})	- 0.408%/°C			
Temperature coefficient (I_{sc})	+0.050%/°C			
Temperature coefficient (V_{oc})	- 0.311%/°C			
Normal operating cell temperature (NOCT)	46±2°C			
Maximum system voltage (IEC/UL)	1000V_{DC} or 1500V_{DC}			
Number of diodes	3			
Junction box IP rating	IP 67			
Maximum series fuse rating	20 A			

* Measurement tolerance +/- 3%

STC: Irradiance 1000W/m^2, Cell Temperature 25°C, AM=1.5
NOCT: Irradiance 800W/m^2, Ambient Temperature 20°C, AM=1.5, Wind Speed 1m/s

CURVE





MECHANICAL SPECIFICATIONS

Outer dimensions (L x W x H)	1960 x 992 x 40 mm 77.17 x 39.06 x 1.57 in
Frame technology	Aluminum, silver anodized
Module composition	Glass / EVA / Backsheet (white)
Front glass thickness	3.2 mm / 0.13 in
① Cable length (IEC/UL)	1150 mm / 45.28 in
Cable diameter (IEC/UL)	4 mm² / 12 AWG
② Maximum mechanical test load	6000 Pa (front) / 3600 Pa (back)
Fire performance (IEC/UL)	Class C (IEC) or Type 1 (UL)
Connector type (IEC/UL)	MC4 compatible

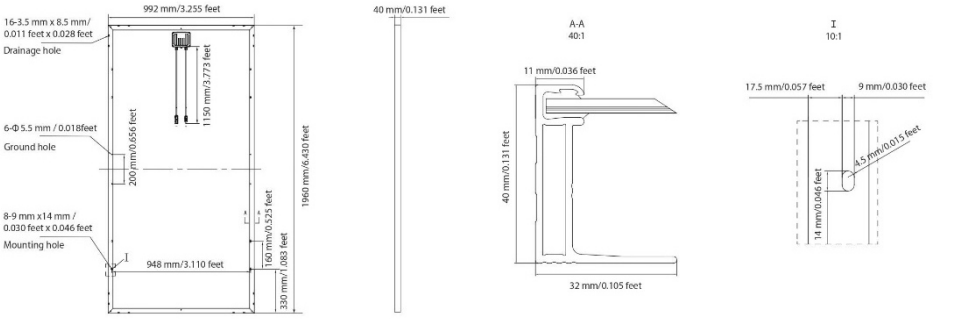
① Option: 900(+) /600(-) mm for defined projects in advance.
② Refer to Astronergy Crystalline Silicon PV Module Installation Manual or contact technical department.
Maximum Mechanical Test Load=1.5×Maximum Mechanical Design Load.

PACKING SPECIFICATIONS

① Weight (module only)	21.9 kg / 48.28 lbs
② Packing unit	27 pcs / box
Weight of packing unit (for 40'HQ container)	636 kg / 1402 lbs
Number of modules per 40'HQ container	648 pcs

① Tolerance +/- 1.0kg
② Subject to sales contract

MODULE DIMENSION DETAILS



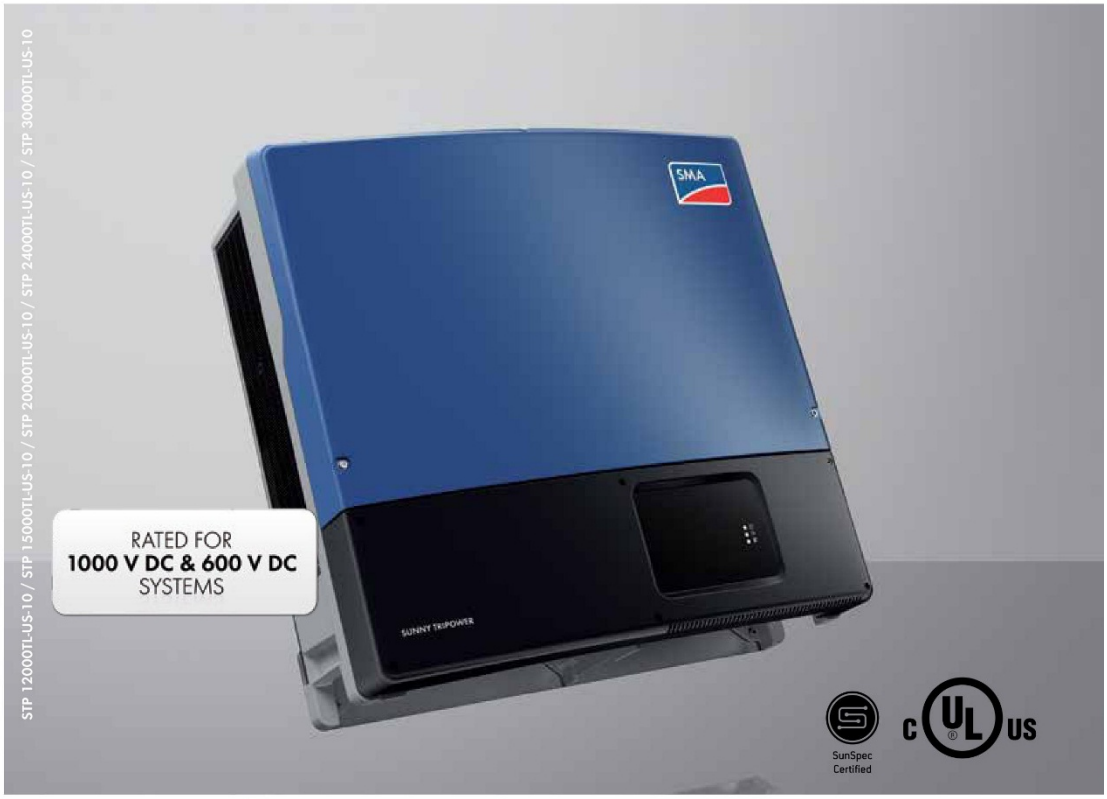
© Chint Solar (Zhejiang) Co., Ltd. Reserves the right of final interpretation. please contact our company to use the latest version for contract.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

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



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

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

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

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

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

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

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

www.SMA-America.com

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

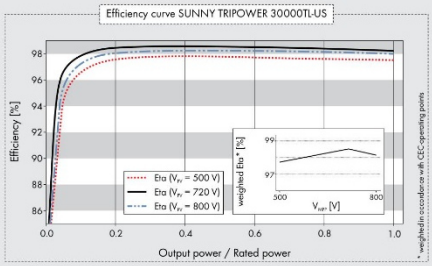
Technical data	Sunny Tripower 12000TL-US	Sunny Tripower 15000TL-US	Sunny Tripower 20000TL-US	Sunny Tripower 24000TL-US	Sunny Tripower 30000TL-US
Input (DC)					
Max. array power	18000 Wp STC	22500 Wp STC	30000 Wp STC	36000 Wp STC	45000 Wp STC
Max. DC voltage			*1000 V		1000 V
Rated MPPT voltage range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

Accessories


RS485 interface
DM-485CB-US-10


Connection Unit
CU 1000-US-11


SMA Cluster Controller
CLCON-10



STP TL-US-12-30-DUS-173127 SMA and Sunny Tripower are registered trademarks of SMA Solar Technology AG. Printed on FSC-certified paper. All products and services described as well as technical data are subject to change, even for reasons of country-specific deviations, at any time without notice. SMA assumes no liability for errors or omissions. For current information, see www.SMA-Solar.com.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



1P2P DC MCB TECHNICAL DATA

Crust Grade Rating Current (A)	Pole	Max Rating Voltage (V)	Rating current (A)	Rated limit short circuit capability		Instantaneous trip
				Breaking current (A)	Time (ms)	
63A	1P	DC125V (electrocar)	1, 2, 3, 4, 6, 10,16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	4000	10	C.D
	2P	DC1000V (PV Solar Energy)				

Tripping action Characteristic	Delay	1.13In≥1h no tripping
		1.45In<1h tripping
		2.55In.1-60s tripping
	Instantaneous	5In≥0.1s no tripping
		10In<0.1s tripping

Protective Properties

Protective properties rated temperature	30℃
Rated voltage	240V/415 AC
Rated current CENB1-63(C)	(1,2,3,4,5) 6,10,16,20,25,32,40,50,63A
CENB1-63(D)	1,2,3,4,5,6,10,16,20,25,32,40,50,63A
Electrical life	Not less than 6000 times
Mechanical life	Not less than20000 times
Warm test	2 class (temperature at 55 ℃, relative humidity 95%)

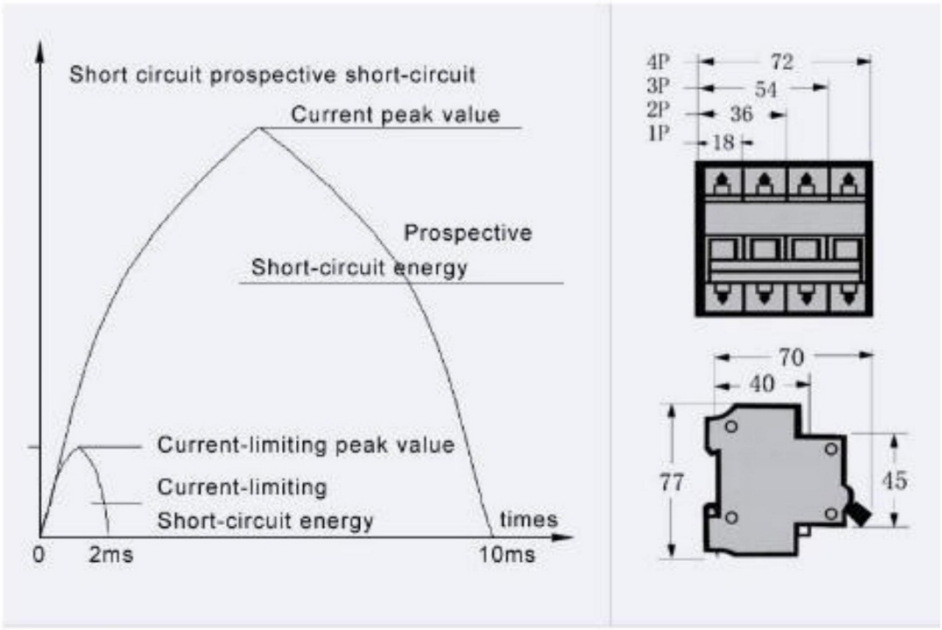
Weight (g)	1P	2P	3P	4P
	102	208	308	408

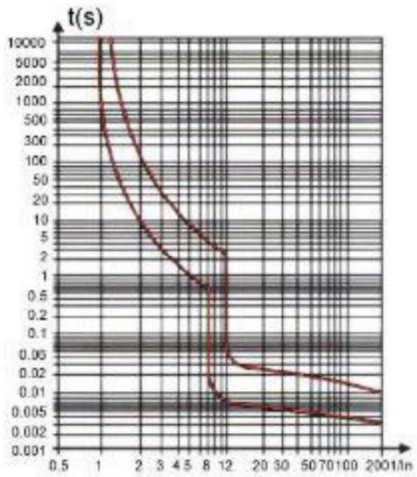
Remarks：（1，2，3，4，5）not recommended specifications

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

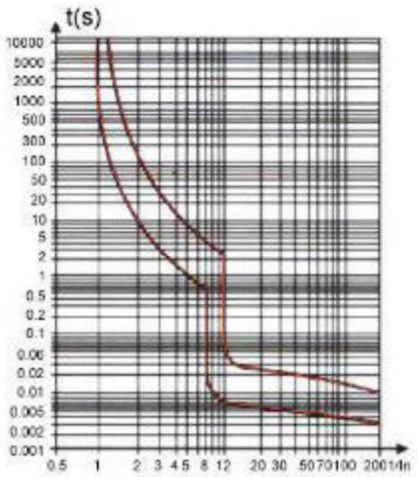
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA





D(10-14)In



D(10-14)In

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

E4 - 20.02.2018

TÜV SOLAR CABLE (H1Z2Z2-K)

CAVO UNIPOLARE FLESSIBILE HALOGEN FREE PER APPLICAZIONI FOTOVOLTAICHE
FLEXIBLE SINGLE CORE CABLE HALOGEN FREE FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

APPROVAZIONI / *APPROVALS:*
Certificate Nr R60113052



1 – 1° isolamento:
copolimero speciale halogen free
1st insulation:
halogen free special copolymer
2 – 2° isolamento:
copolimero speciale halogen free
2nd insulation:
halogen free special copolymer
3 – Conduttore in rame
Copper conductor

COLORI 1° e 2° ISOLAMENTO/
1st and 2nd INSULATION COLOUR



Conduttore trefolo flessibile in rame stagnato
Twisted flexible tinned copper conductor

MARCATURA / *MARKING :*
CET SOLAR CABLE 1Xn,00 mm2 1.0/1.0 kV H1Z2Z2-K TÜV Rheinland Type Approved R60113052 IEC 60332-1 CE

APPLICAZIONI / *APPLICATIONS*

CONFEZIONI / *PACKAGING*



Dati Tecnici	
Tensione Nominale Uo/U	**1.0/1.0 kV AC – 1.5/1.5 kV DC**
Tensione max.consentita	**1,8 kV DC**
Tensione di Prova	**6.5 kV AC**
Temperatura di Esercizio	**- 40 ÷ +90°C**
Max. temp. conduttore	**+120°C (for 20.000 hrs.)**
Raggio minimo di curvatura	**5 x D cavo (installazione fissa)**
Omologazione	**TÜV Rheinland**
Norme di Riferimento :	**EN 50618: 2014**
	IEC 60228 – EN 50395 – EN 50396 EN 60332-1-2 – EN 61034-1; -2 EN 50525-1 – EN 60216-1; -2

Technical Data	
Nominal Voltage Uo/U	**1.0/1.0 kV AC – 1.5/1.5 kV DC**
Maximum permitted voltage	**1,8 kV DC**
Test Voltage	**6.5 kV AC**
Operating Temperature	**- 40 ÷ +90°C**
Max. core temperature	**+120°C (for 20.000 hrs.)**
Min. bending radius	**5 x D cable (fixed installation)**
Approved	**TÜV Rheinland**
References:	**EN 50618: 2014**
	IEC 60228 – EN 50395 – EN 50396 EN 60332-1-2 – EN 61034-1; -2 EN 50525-1 – EN 60216-1; -2

TIPO	SEZIONE	DIAMETRO MAX FILI CONDUTTORE	SPESSORE ISOLANTE 1° / 2°	DIAMETRO ESTERNO	RESISTENZA ELETTRICA MAX A 20°C *MAX ELECTRIC RESISTANCE AT 20°C*	REATTANZA (a 50 Hz)
TYPE	*SECTION*	*MAX WIRE DIAMETER OF CONDUCTOR*	*INSULATION THICKNESS 1ST / 2ND*	*OVERALL DIAMETER*	RAME STAGNATO *TINNED COPPER*	*REACTANCE (at 50 Hz)*
	mm²	mm	mm	mm	Ω/Km	Ω/Km
TÜV SOLAR CABLE	1x2.50	0.26	0.70 / 0.80	5.00	8.21	/
	1x4.00	0.31	0.70 / 0.80	5.40	5.09	0.143
	1x6.00	0.31	0.70 / 0.80	6.20	3.39	0.135
	1x10.0	0.41	0.70 / 0.80	7.40	1.95	0.119

Tolleranza sui diametri: in accordo con le norme di riferimento TÜV
Diameters tollerances: according with TÜV standards

SEZIONE	Portata amperometrica dei cavi PV in funzione del tipo d'installazione(T=60°C) *Current carrying capacity of PV cables in accordance to the installation (T=60°C)*		
SECTION	Cavo singolo – posa in aria *Single cable free in air*	Cavo singolo – posa su superficie *Single cables on surfaces*	Cavi in fascio – posa su superficie *To cables adjacent on surfaces*
mm²	(A)	(A)	(A)
1 x 2.5	41	39	33
1 x 4.0	55	52	44
1 x 6.0	70	67	57
1 x 10	98	93	79

Proprietà

La speciale costruzione e i materiali impiegati, consentono al cavo di soddisfare i requisiti più recenti previsti per i sistemi fotovoltaici in accordo alle normative: EN50618 – EN 60216-1-2 – EN 61034. L'isolamento garantisce un elevato potere isolante e notevole resistenza all'invecchiamento termico, nonché proprietà di resistenza all'abrasione ed alla fiamma, resistenza all'ozono, resistenza ai raggi UV ed è facilmente rimovibile dall'isolamento interno per facilitare operazioni di connessione.

Properties

The cable is able to satisfy the latest requirements fixed for PV systems in accordance to the following Reference Standards: EN50618 – EN 60216-1-2 – EN 61034. The special insulation has qualities of high abrasion resistance to high temperature. Moreover the insulation has property of flame retardant and ozone resistance
The cable is UV-resistant and the external sheath can be removed from the inner layer of extruded insulation.

ENCO s.r.l. CAVI E CONDUTTORI ELETTRICI
Via Selice, 10/A – 40027 Mordano (BO) Italy
Tel. +39 0542.56018 – Fax +39 0542.56118
www.encocavi.it info@encocavi.it

Via C.Battisti, 34 - 35010 Limena (PD) Italy
Tel. +39 049.8657057 - Fax +39 049.8842651
www.ceteletric.com info@ceteletric.com
STABILIMENTO / DIVISION
cet eletric

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TÜV SOLAR CABLE (H1Z2Z2-K)
APPENDIX



The H1Z2Z2-K is to be considered Harmonized because has been tested and certified in accordance with the requirements of the harmonized standard EN 50618: 2014 (quoted in the official document of the European Union that lists the harmonized standards to the LVD Directive 2006/95/EC (Low voltage Directive).
Use and type of installation for applications in photovoltaic (HD 60364-7-712). For fixed installation indoors and outdoors. Installation of walls, walkways, pipes, conduits, and similar systems. The cables are suitable for use with Class II.
They are inherently short-circuit and earth fault proof acc.to HD 60364-5-52.

Chemical properties	
Halogen-free	acc. to EN 50525-1 Annex B (EN 50267-2-1, EN 50267-2-2, IEC 60754-1, IEC 60754-2)
Low Smoke Emission	acc. to IEC 61034, EN 61034 (Light Transmittance > 60%)
Weather resistance	*Ozone resistance:* acc. to EN 60811-403 Test Method A, EN 50396 clause 8.1.3 Test Method B *Weathering/UV resistance:* acc. to EN 50618 Annex E, EN 50289-4-17 (Method A), EN ISO 4892-1 /-2 tensile strength and elongation at break after 720h (360 Cycles) of exposure to UV lights
Acid and alkaline resistance	acc. to EN 50618:2014 Annex B: 7 days, 23° C (N-Oxalic Acid, N-Sodium Hydroxide) as for EN 60811-404
Resistance to fire	Flame propagation acc. to EN 60332-1-2 (Single Cable Flame Test) Tested according to CPR: EN 50399 Common test methods for cables under fire conditions Heat release and smoke production measurement on cables during flame spread test, UNI EN 13501-6 Flammability class: **D_{ca}** Smoke emission class: **s2** Drip particle class: **d2** Fume acidity: **a1**
Mechanical properties	
	for insulation and sheath before ageing acc. to EN 50618 Annex B (test acc. To EN 60811-501). tensile strength ≥ 8 N/mm² elongation at break for insulation and sheath ≥ 125 %
Shrinkage test on sheath	acc. to EN 50618, Table 2: <2% (test acc. to EN 60811-503).
Dynamic Penetration Test	acc. to EN 50618
Durability of Print	acc. to EN 50618 (test acc. to EN 50396)
Direct Burial	Impact test resistance of single conductor type USE and USE-2 cables (tested acc. to UL854)
Rodent resistance (optional)	Rodent resistance safety can be optimized by utilizing a special compound *alternative:* braid metallic coatings
Water resistance	AD8 category Tested with successful acc. to EN 50525-2-21 "Annex E" (after immersion for 100 days / 2.400 h to 50°C): • Voltage at 1 kV AC on cable in water at 50°C during 100 days without any breakdown • Mechanical properties on sheath after immersion 100 days at 50°C • Minimum tensile strength after immersion 100 days at 50°C > 7 MPa • Minimum elongation at breack after immersion 100 days at 50°C > 200% • Water absorption on sheath after immersion 100 days at 50°C less than 40% • Insulation resistance tests with a minimum resistivity of 10^{11} Ω.cm measured after 14 days in water at 50°C
Long term resistance of insulation to d.c	acc. to EN 50618, Table 2 test acc. to EN 50395 clause 9: Cable immersed in water containing 1% NaCl for 240h ; water temperature: 85°C ± 5; Voltage applied: 1.8 kV D.C.
Thermal properties	
Lifetime	acc. to EN 50618 : 25 years the cables are designed to operate at a normal max conductor temperature of 90°C, but for a maximum of 20.000 hours a max. conductor temperature of 120 °C at a max. ambient temperature of 90 °C is permitted. (test according to EN 60216-1 and EN 60216-2)
Max.short circuit temperature	250°C (for 5 sec.)
Resistance to cold	EN 50618, Table 2: Cold Bending Test at -40°C acc. to EN 60811-504; Cold Elongation Test at -40°C acc. to EN 60811-505; Cold Impact Test at -40°C acc. to EN 50618 Annex C and EN 60811-506. Damp-Heat Test Acc. to EN 50618, Table 2 (test acc. to EN 60068-2-78) : 90°C for 1.000h and min. 85% humidity

ENCO s.r.l. CAVI E CONDUTTORI ELETTRICI
Via Selice, 10/A – 40027 Mordano (BO) Italy
Tel. +39 0542.56018 – Fax +39 0542.56118
www.encocavi.it info@encocavi.it

Via C.Battisti, 34 - 35010 Limena (PD) Italy
Tel. +39 049.8657057 - Fax +39 049.8842651
www.ceteletric.com info@ceteletric.com
STABILIMENTO / DIVISION
cet eletric

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ficha técnica del producto
Características

EZ9F34440
Interruptor Termomagnético Easy9 - Tetrapolar - 40A - Curva C - 4,5kA



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Distancia	Easy9
Tipo de producto o componente	Disyuntor en miniatura
Modelo de dispositivo	Easy9 MCB
Poles	4P
Número de polos protegidos	4
Corriente nominal	40 A
Tipo de red	CA
Tipo de unidad de control	Térmico-magnético
Código de curva de disparo ins	C
Poder de corte	4500 A Icn a 230 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60898-1 4500 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60898-1
Idoneidad para el seccionamiento	Sí conforme a IEC 60898-1

Complementario

Frecuencia asignada de empleo	50/60 Hz
Tensión asignada de empleo	400 V CA 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	4,5 kA 100 % x Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60898-1
Tensión asignada de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60898-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV conforme a IEC 60898-1
Indicación de contacto positivo	Sí
Tipo de control	Palanca de conmutación
Señalizaciones frontales	Sin
Modo de montaje	Clip-on
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	8

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Alto	81 mm
Ancho	72 mm
Profundidad	66,5 mm
Color	Gris (RAL 7035)
Endurancia mecánica	10000 ciclos
Endurancia eléctrica	4000 ciclos
Conexiones - terminales	Terminal tipo túnel (arriba o abajo) 1…25 mm^2 flexible Terminal tipo túnel (arriba o abajo) 1…35 mm^2 rígido
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo
Protección de fugas a tierra	Sin

Entorno

Normas	IEC 60898-1
Certificados de producto	GOST-R
Grado de protección IP	IP20 conforme a IEC 60529
Grado de contaminación	2
Tropicalización	2
Humedad relativa	95 % a -25…60 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25…60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40…85 °C

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto verde premium
Reglamento REACh	Declaración de REACh
Conforme con REACh sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 Meses

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDECO
empresa Nexans

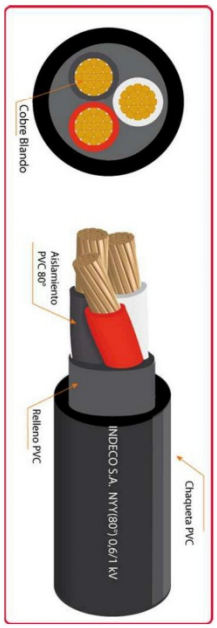
NYY

Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, engrapadas, etc.); a la intemperie, en ductos subterráneos o directamente enterrados. Pueden ser instalados en lugares secos y húmedos.

Descripción

Uno, dos, tres o cuatro conductores de cobre recocido, sólido, cableado (comprimido, compactado o sectorial) ó flexible. Aislamiento de PVC, con o sin conductor de tierra (aislado) y cubierta exterior de PVC.



Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita los empalmes, derivaciones y terminaciones. Retardante a la llama.

Marcación

INDECO S.A. NYY (80°) 0.6/1 kV <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibres

6 mm² - 500 mm²

Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

Colores

Aislamiento (¹): Blanco, Negro, Rojo, Azul, Amarillo.
Cubierta Exterior: Negro.

Norma(s) de Fabricación
NTP-IEC 60502-1
Tensión de servicio
0.6/1 kV
Temperatura de operación
80ºC

(¹) A solicitud del cliente se puede cambiar de color.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDECO
empresa Nexans

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY UNIPOLAR

SECCION	Nº HILOS	ESPESORES		DIAMETRO PREVISTO	PESO PREVISTO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N°x mm²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
1 x 6	7	1	1.4	7.9	112	72	54	58
1 x 10	1	1	1.4	8.5	150	95	74	77
1 x 16	7	1	1.4	9.7	222	127	100	102
1 x 25	7	1.2	1.4	11.3	330	163	131	132
1 x 35	7	1.2	1.4	12.3	431	195	161	157
1 x 50	19	1.4	1.4	13.9	568	230	196	186
1 x 70	19	1.4	1.4	15.6	778	282	250	222
1 x 95	19	1.6	1.5	18.1	1068	336	306	265
1 x 120	37	1.6	1.6	19.8	1323	382	356	301
1 x 150	37	1.8	1.6	21.6	1610	428	408	338
1 x 185	37	2	1.7	23.9	2007	483	470	367
1 x 240	37	2.2	1.8	26.9	2606	561	565	426
1 x 300	37	2.4	1.9	29.7	3243	636	646	480
1 x 400	61	2.6	2	33.1	4110	730	790	555
1 x 500	61	2.8	2.1	36.7	5118	823	895	567

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY BIPOLAR

SECCION	Nº HILOS	ESPESORES		DIAMETRO PREVISTO	PESO PREVISTO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N°x mm²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
2 x 6	1	1	1.8	15.9	378	68	48	56
2 x 10	1	1	1.8	17.5	500	90	66	75
2 x 16	7	1	1.8	18.7	650	116	89	95
2 x 25	7	1.2	1.8	22	945	145	118	120
2 x 35	7	1.2	1.8	24	1210	175	145	145

(*) Temperatura ambiente: 30 ºC

Temperatura en el conductor: 80 ºC

Temperatura del suelo: 20 ºC

Resistividad del suelo: 1 ºk.m/W

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDECO
empresa Nexans

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY TRIPOLAR

SECCION	Nº HILOS	ESPESORES		DIAMETRO PREVISTO	PESO PREVISTO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N°x mm²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
3 x 6	7	1	1.8	16.2	428	56	41	45
3 x 10	7	1	1.8	17.7	587	75	57	60
3 x 16	7	1	1.8	19.8	815	99	76	80
3 x 25	7	1.2	1.8	23.3	1201	128	101	103

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY TETRAPOLAR

SECCION	Nº HILOS	ESPESORES		DIAMETRO PREVISTO	PESO PREVISTO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N°x mm²		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
4 x 16	7	1	1.8	21.5	1009	99	76	80
4 x 25	7	1.2	1.8	25.8	1522	128	101	103
4 x 35	7	1.2	1.8	28.4	1979	155	125	125
4 x 50	19	1.4	2	32.7	2637	184	151	149
4 x 70	19	1.4	2.1	36.8	3563	226	192	180
4 x 95	19	1.6	2.2	42.6	4863	272	232	217
4 x 120	37	1.6	1.8	45.3	5835	310	269	248
3x25/16	7	1.2	1.8	24.6	1381	128	101	103
3x35/16	7	1.2	1.8	27	1750	155	125	125
3x50/25	19	1.4	1.9	31.1	2361	184	151	149
3x70/35	19	1.4	2.1	35.2	3215	226	192	180
3x95/50	19	1.6	2.2	40.5	4324	272	232	217
3x120/70	37	1.6	2.4	44.5	5410	310	269	248
3x150/70	37	1.8	2.5	48.6	6452	348	309	278
3x185/95	37	2	2	52.8	7933	394	353	311
3x240/120	37	2.2	2.9	60.6	10451	458	415	361

(*) Temperatura ambiente: 30 ºC

Temperatura en el conductor: 80 ºC

Temperatura del suelo: 20 ºC

Resistividad del suelo: 1 ºk.m/W

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO B: FICHAS Y HOJAS DE DATOS TÉCNICOS DE EQUIPOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

victron energy
BLUE POWER

Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV

MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

www.victronenergy.com



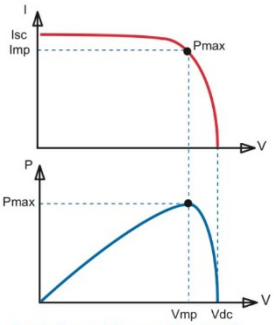


Controlador de carga solar
MPPT 150/70-Tr





Controlador de carga solar
MPPT 150/70-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:
Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:
Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.
Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.
El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación.
en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android
  consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 /48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm²/AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos 150/85 y 150/100)				
Bornes de batería	35 mm² / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3kg			4,5kg	
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103mm	
ESTÁNDARES					
Seguridad	EN/IEC 62109				

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada.
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.
2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alto dañaría el controlador.
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.
Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | **www.victronenergy.com**

victron energy
BLUE POWER

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

victron energy
BLUE POWER

Inversores Phoenix

1200VA - 5000VA (por módulo)

www.victronenergy.com



Phoenix Inverter
24/5000



Phoenix Inverter Compact
24/1600

SinusMax – Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

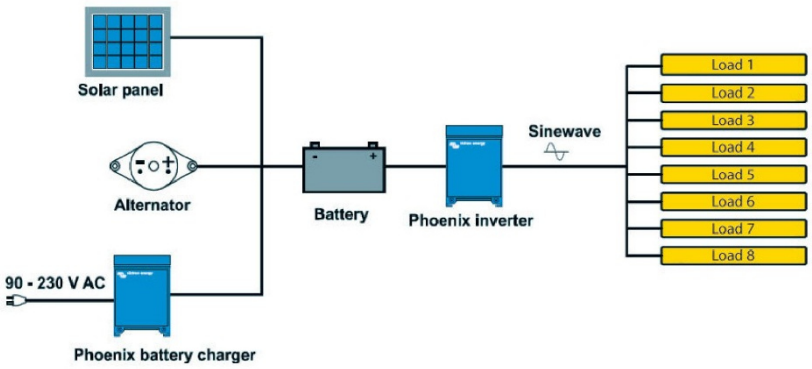
Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido es este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).

Interfaz para el ordenador

Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software VEConfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web www.victronenergy.com, se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador.
Los inversores también pueden conectarse a VENet, la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.

Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com.



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | **www.victronenergy.com**

victron energy
BLUE POWER

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25°C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25°C (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Potencia cont. de salida 40°C (W)	900	1200	1450	2200	3700
Potencia cont. de salida 65°C (W)	600	800	1000	1700	3000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a – g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18i		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	

1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V.
2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1
3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure)
Capacidad nominal CA 230V / 4A
Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC

4) Protección:
a) Cortocircuito de salida
b) Sobrecarga
c) Tensión de la batería demasiado alta
d) Tensión de la batería demasiado baja
e) Temperatura demasiado alta
f) 230 V CA en la salida del inversor
g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta



Panel de Control para Inversor Phoenix
También puede utilizarse en un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.

Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador
Hay varias interfaces disponibles:



Color Control GX
Proporciona monitorização e controlo, de forma local e remota, no Portal VRM.



Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB
Se conecta a un puerto USB (ver Guía para el VEConfigure")



Interfaz VE.Bus a NMEA 2000
Liga o dispositivo a uma rede eletrónica marinha NMEA2000. Consulte o guia de integração NMEA2000 e MFD



Monitor de baterías BMV-700
El monitor de baterías BMV-700 dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería, El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | **www.victronenergy.com**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

OPzS

Vented lead-acid battery

Motive Power Systems
Reserve Power Systems
Special Power Systems
Service

Your benefits with HOPPECKE OPzS

- **Very high expected service life** - due to optimized low-antimony selenium alloy
- **Excellent cycle stability** - due to tubular plate design
- **Maximum compatibility** - design according to DIN 40736-1
- **Higher short-circuit safety even during the installation** - based on HOPPECKE system connectors
- **Extremely extended water refill intervals up to maintenance-free** - optional use of AquaGen® recombination system minimizes emission of gas and aerosols[1]



Similar to the illustration, AquaGen® optional

Typical applications of HOPPECKE OPzS

- **Telecommunications**
  Mobile phone stations
  BTS-stations
  Off-grid/on-grid solutions
- **Power Supply**
- **Security lighting**

HOPPECKE
POWER FROM INNOVATION

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

HOPPECKE
POWER FROM INNOVATION

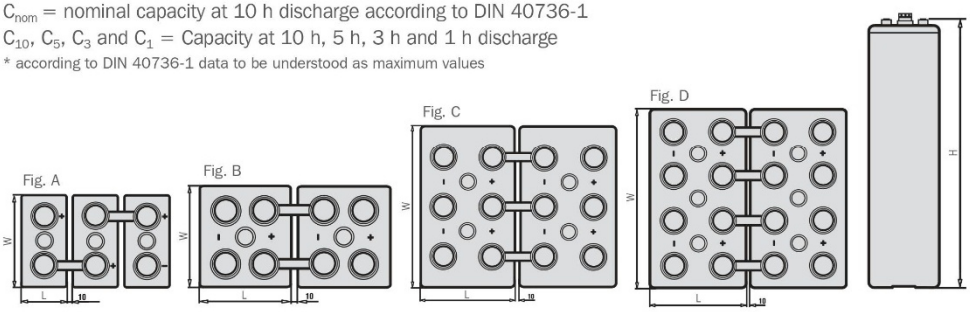
OPzS

Type Overview

Capacities, dimensions and weights

Type	C_{nom}/1.80 V Ah	C_{10}/1.80 V Ah	C_5/1.77 V Ah	C_3/1.75 V Ah	C_1/1.67 V Ah	max.* Weight kg	Weight electrolyte kg (1.24 kg/l)	max.* Length L mm	max.* Widht W mm	max.* Height H mm	Fig.
4 OPzS 200	200	213	182	161	118	17.3	4.5	105	208	420	A
5 OPzS 250	250	266	227	201	147	21.0	5.6	126	208	420	A
6 OPzS 300	300	320	273	241	177	24.9	6.7	147	208	420	A
5 OPzS 350	350	390	345	303	217	29.3	8.5	126	208	535	A
6 OPzS 420	420	468	414	363	261	34.4	10.1	147	208	535	A
7 OPzS 490	490	546	483	426	304	39.5	11.7	168	208	535	A
6 OPzS 600	600	686	590	510	353	46.1	13.3	147	208	710	A
7 OPzS 700	700	801	691	596	411	59.1	16.7	215	193	710	B
8 OPzS 800	800	915	790	681	470	63.1	17.3	215	193	710	B
9 OPzS 900	900	1026	887	767	529	72.4	20.5	215	235	710	B
10 OPzS 1000	1000	1140	985	852	588	76.4	21.1	215	235	710	B
11 OPzS 1100	1100	1256	1086	938	647	86.6	25.2	215	277	710	B
12 OPzS 1200	1200	1370	1185	1023	706	90.6	25.8	215	277	710	B
12 OPzS 1500	1500	1610	1400	1197	784	110.4	32.7	215	277	855	B
14 OPzS 1750	1750	1881	1632	1397	914	142.3	46.2	215	400	815	C
15 OPzS 1875	1875	2016	1748	1496	980	146.6	46.7	215	400	815	C
16 OPzS 2000	2000	2150	1865	1596	1045	150.9	45.9	215	400	815	C
18 OPzS 2250	2250	2412	2097	1796	1176	179.1	56.4	215	490	815	D
19 OPzS 2375	2375	2546	2213	1895	1242	182.9	55.6	215	490	815	D
20 OPzS 2500	2500	2680	2330	1995	1307	187.3	55.7	215	490	815	D
22 OPzS 2750	2750	2952	2562	2195	1437	212.5	67.0	215	580	815	D
23 OPzS 2875	2875	3086	2678	2294	1503	216.8	65.9	215	580	815	D
24 OPzS 3000	3000	3220	2795	2394	1568	221.2	66.4	215	580	815	D
26 OPzS 3250	3250	3488	3028	2594	1699	229.6	65.4	215	580	815	D

C_{nom} = nominal capacity at 10 h discharge according to DIN 40736-1
C_{10}, C_5, C_3 and C_1 = Capacity at 10 h, 5 h, 3 h and 1 h discharge
* according to DIN 40736-1 data to be understood as maximum values



4 OPzS 200 - 6 OPzS 600 | 7 OPzS 700 - 12 OPzS 1500 | 14 OPzS 1750 - 16 OPzS 2000 | 18 OPzS 2250 - 26 OPzS 3250

Design life: up to 20 years

Optimal environmental compatibility - closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system

[1] Similar to sealed lead-acid batteries

HOPPECKE
POWER FROM INNOVATION

HOPPECKE Batterien GmbH & Co. KG
P.O. Box 1140 · D-59914 Brilon · Germany
Bontkirchener Straße 1 · D-59929 Brilon-Hoppecke
Phone +49(0)2963 61-374
Fax +49(0)2963 61-270
Email info@hoppecke.com
www.hoppecke.com

Form OPzS EN/06.12/0,5 K Printed in Germany
All details in this brochure are based on state-of-the-art technology. Our products are subject to constant development. We therefore reserve the right to make changes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

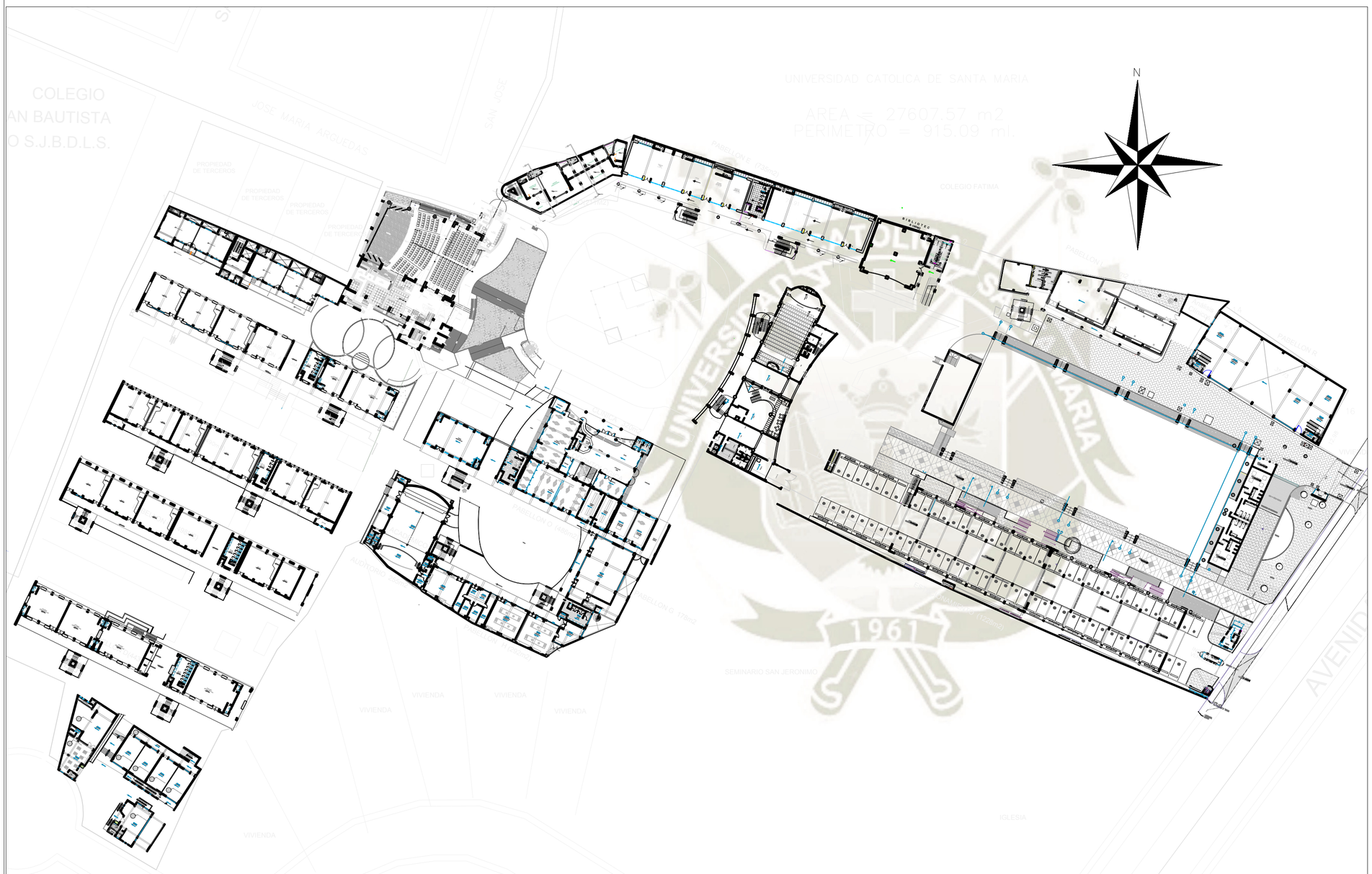
ANEXO C: UBICACIÓN DEL PROYECTO Y ESQUEMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE GD

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

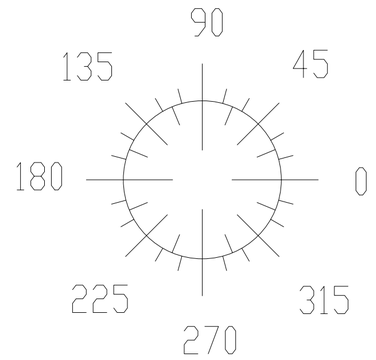
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PLANO DE UBICACIÓN
1:750





PLANO DE LOCALIZACIÓN
1:5000


TITULO: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE GD PARA LA UCSM			
ESCALA: PLANO DE UBICACIÓN 1:750 PLANO DE LOCALIZACIÓN 1:5000	HOJA 01/01		
NRO. DE PLANO: 000-001-001	FECHA: 01/04/2020		
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado sin autorización especificada por escrito por los autores.	Dibujado por: Arturo Velásquez Cruz	Revisado por: Ing. Victor Rivera Acosta	Aprobado por: Ing. Victor Rivera Acosta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



TITULO: ESQUEMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA INTEGRADO EN LA UCSM	
ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01/01
NRO. DE PLANO: 001-000-001	FECHA: 01/04/2020

E.P. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.	Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

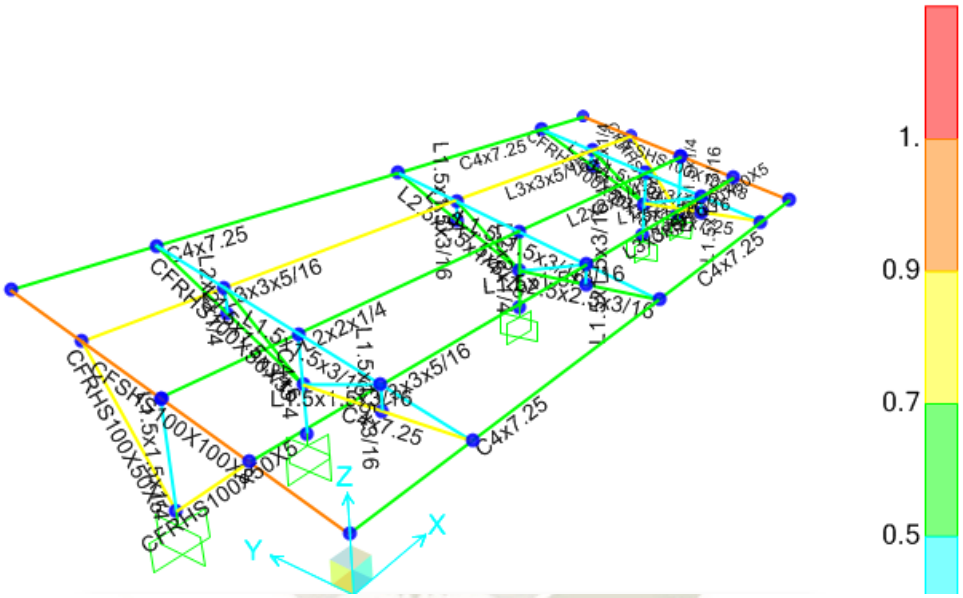
ANEXO D: REPORTE DE SIMULACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

SAP2000®



SAP2000 Analysis Report

Prepared by
Microsoft

Model Name: Soportes estructurales fotovoltaicos UCSM.sdb

Simulación realizada por Arturo Gerardo Velásquez Cruz

15 junio 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Contents

Section 1 PV UCSM STRUCTURES 3

List of Tables

Table: Case - Modal 1 - General 3
Table: Case - Static 1 - Load Assignments 3
Table: Joint Coordinates 4
Table: Load Case Definitions, Part 1 of 2 5
Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2 5
Table: Modal Load Participation Ratios 5
Table: Modal Participating Mass Ratios 5
Table: Modal Participation Factors, Part 1 of 2 6
Table: Modal Participation Factors, Part 2 of 2 6
Table: Modal Periods And Frequencies 6
Table: Program Control, Part 1 of 2 7
Table: Program Control, Part 2 of 2 7
Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 1 of 2 8
Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 2 of 2 8

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Section 1 PV UCSM STRUCTURES

Model geometry

This section provides model geometry information, including items such as joint coordinates, joint restraints, and element connectivity.

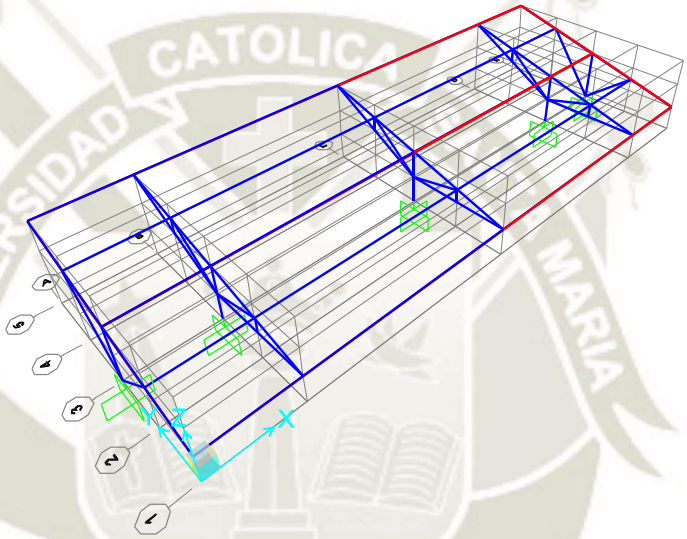


Figure : Finite element model

Table: Case - Modal 1 - General

Table: Case - Modal 1 - General

Case	ModeType	MaxNumModes	MinNumModes	EigenShift	EigenCutoff	EigenTol	AutoShift
				Cyc/sec	Cyc/sec		
MODAL	Eigen	12	1	0.0000E+00	0.0000E+00	1.0000E-09	Yes

Table: Case - Static 1 - Load Assignments

Table: Case - Static 1 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
DEAD	Load pattern	DEAD	1.
Presión de viento	Load pattern	Presión de viento	1.
Succión de viento	Load pattern	Succión de viento	1.
VIVA(sismo, lluvia, viento etc)	Load pattern	VIVA(sismo, lluvia, viento etc)	1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

Table: Joint Coordinates

Table: Joint Coordinates

Joint	CoordSys	CoordType	GlobalX	GlobalY	GlobalZ
			m	m	m
2	GLOBAL	Cartesian	0.	3.78	2.01
3	GLOBAL	Cartesian	0.	3.78	0.
8	GLOBAL	Cartesian	20.84	3.78	0.
11	GLOBAL	Cartesian	20.84	3.78	2.01
28	GLOBAL	Cartesian	0.	0.	1.
38	GLOBAL	Cartesian	10.41598	3.7865	2.01457
39	GLOBAL	Cartesian	10.41598	3.7865	1.
40	GLOBAL	Cartesian	10.41598	7.57293	3.02914
41	GLOBAL	Cartesian	10.41598	1.89328	1.50729
42	GLOBAL	Cartesian	10.41598	1.89328	1.
43	GLOBAL	Cartesian	10.41598	7.026E-05	1.
44	GLOBAL	Cartesian	10.41598	5.67971	2.52186
45	GLOBAL	Cartesian	10.41598	5.67971	2.01457
46	GLOBAL	Cartesian	10.41598	3.7865	8.552E-16
47	GLOBAL	Cartesian	17.91598	3.7865	2.01457
48	GLOBAL	Cartesian	17.91598	3.7865	1.
49	GLOBAL	Cartesian	17.91598	7.57293	3.02914
50	GLOBAL	Cartesian	17.91598	1.89328	1.50729
51	GLOBAL	Cartesian	17.91598	1.89328	1.
52	GLOBAL	Cartesian	17.91598	7.026E-05	1.
53	GLOBAL	Cartesian	17.91598	5.67971	2.52186
54	GLOBAL	Cartesian	17.91598	5.67971	2.01457
55	GLOBAL	Cartesian	17.91598	3.7865	8.552E-16
56	GLOBAL	Cartesian	2.91598	3.7865	2.01457
57	GLOBAL	Cartesian	2.91598	3.7865	1.
58	GLOBAL	Cartesian	2.91598	7.57293	3.02914
59	GLOBAL	Cartesian	2.91598	1.89328	1.50729
60	GLOBAL	Cartesian	2.91598	1.89328	1.
61	GLOBAL	Cartesian	2.91598	7.026E-05	1.
62	GLOBAL	Cartesian	2.91598	5.67971	2.52186
63	GLOBAL	Cartesian	2.91598	5.67971	2.01457
64	GLOBAL	Cartesian	2.91598	3.7865	8.552E-16
65	GLOBAL	Cartesian	20.83198	7.026E-05	1.
67	GLOBAL	Cartesian	20.83198	1.89328	1.50729
68	GLOBAL	Cartesian	-1.544E-05	3.7865	2.01457
69	GLOBAL	Cartesian	20.83198	3.7865	2.01457
70	GLOBAL	Cartesian	-1.544E-05	5.67971	2.52186
71	GLOBAL	Cartesian	20.83198	5.67971	2.52186
73	GLOBAL	Cartesian	20.83198	7.57293	3.02914
93	GLOBAL	Cartesian	-1.544E-05	7.57293	3.02914
102	GLOBAL	Cartesian	-1.544E-05	1.89328	1.50729

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Case	Type	InitialCond	ModalCase	BaseCase	MassSource	DesActOpt
DEAD	LinStatic	Zero				Prog Det
MODAL	LinModal	Zero				Prog Det
Presión de viento	LinStatic	Zero				Prog Det
Succión de viento	LinStatic	Zero				Prog Det
Peso propio	LinStatic	Zero				Prog Det
VIVA(sismo, lluvia, viento etc)	LinStatic	Zero				Prog Det

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Case	DesignAct
DEAD	Non-Composite
MODAL	Other
Presión de viento	Short-Term Composite
Succión de viento	Short-Term Composite
Peso propio	Other
VIVA(sismo, lluvia, viento etc)	Short-Term Composite

Table: Modal Load Participation Ratios

Table: Modal Load Participation Ratios

OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
			Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9885	97.9672
MODAL	Acceleration	UY	99.1107	63.5524
MODAL	Acceleration	UZ	43.1938	5.3924

Table: Modal Participating Mass Ratios

Table: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
		Sec						
MODAL	1.	0.867252	1.895E-06	0.146	6.584E-07	1.895E-06	0.146	6.584E-07
MODAL	2.	0.591174	7.694E-05	3.973E-10	8.009E-10	7.884E-05	0.146	6.592E-07
MODAL	3.	0.372003	0.059	0.192	6.879E-05	0.059	0.338	6.945E-05
MODAL	4.	0.344884	0.916	0.012	2.115E-06	0.975	0.35	7.156E-05
MODAL	5.	0.308393	4.225E-04	1.610E-03	2.917E-18	0.976	0.351	7.156E-05
MODAL	6.	0.308393	1.705E-03	3.988E-04	4.266E-17	0.977	0.352	7.156E-05
MODAL	7.	0.192715	2.301E-04	1.186E-05	4.727E-08	0.977	0.352	7.161E-05
MODAL	8.	0.178942	7.269E-06	0.28	1.860E-04	0.977	0.632	2.576E-04
MODAL	9.	0.160275	1.129E-03	9.423E-04	8.982E-18	0.979	0.633	2.576E-04
MODAL	10.	0.160275	9.982E-04	1.066E-03	1.587E-19	0.98	0.634	2.576E-04
MODAL	11.	0.11104	9.654E-05	7.939E-07	1.261E-05	0.98	0.634	2.702E-04

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Table: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
		Sec						
MODAL	12.	0.109969	9.212E-07	1.657E-03	0.054	0.98	0.636	0.054

Table: Modal Participation Factors, Part 1 of 2

Table: Modal Participation Factors, Part 1 of 2

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	RX	RY
			Sec	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
MODAL	Mode	1.	0.867252	0.017833	-5.100984	-0.010194	31.66773	-0.015258
MODAL	Mode	2.	0.591174	-0.113627	0.000266	-0.000356	-0.015063	-2.060868
MODAL	Mode	3.	0.372003	3.153021	5.837631	0.1042	-1.070925	0.368561
MODAL	Mode	4.	0.344884	12.396318	-1.432154	-0.018271	0.285467	1.782465
MODAL	Mode	5.	0.308393	0.266265	0.534924	2.146E-08	-0.087467	0.043537
MODAL	Mode	6.	0.308393	0.534924	-0.266265	-8.206E-08	0.043538	0.087467
MODAL	Mode	7.	0.192715	0.196515	-0.045916	0.002731	-0.054671	-0.273178
MODAL	Mode	8.	0.178942	0.034926	-7.05808	0.171323	-8.488326	0.03633
MODAL	Mode	9.	0.160275	-0.435352	0.40928	3.765E-08	-0.066922	-0.071186
MODAL	Mode	10.	0.160275	-0.40928	-0.435352	5.005E-09	0.071186	-0.066923
MODAL	Mode	11.	0.11104	-0.127281	0.01188	-0.044616	-0.00624	30.512101
MODAL	Mode	12.	0.109969	0.012433	0.542782	-2.91011	-0.651275	-0.453103

Table: Modal Participation Factors, Part 2 of 2

Table: Modal Participation Factors, Part 2 of 2

OutputCase	StepType	StepNum	RZ	ModalMass	ModalStiff
			Kgf-m	Kgf-m-s2	Kgf-m
MODAL	Mode	1.	0.015521	1.	52.489
MODAL	Mode	2.	52.613833	1.	112.961
MODAL	Mode	3.	-0.095427	1.	285.277
MODAL	Mode	4.	-0.290048	1.	331.904
MODAL	Mode	5.	-2.77211	1.	415.098
MODAL	Mode	6.	-5.574299	1.	415.098
MODAL	Mode	7.	56.127555	1.	1062.992
MODAL	Mode	8.	-0.363802	1.	1232.92
MODAL	Mode	9.	-4.535304	1.	1536.846
MODAL	Mode	10.	-4.266862	1.	1536.846
MODAL	Mode	11.	6.401787	1.	3201.823
MODAL	Mode	12.	-0.087166	1.	3264.504

Table: Modal Periods And Frequencies

Table: Modal Periods And Frequencies

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
			Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1.	0.867252	1.1531E+00	7.2449E+00	5.2489E+01
MODAL	Mode	2.	0.591174	1.6915E+00	1.0628E+01	1.1296E+02
MODAL	Mode	3.	0.372003	2.6882E+00	1.6890E+01	2.8528E+02
MODAL	Mode	4.	0.344884	2.8995E+00	1.8218E+01	3.3190E+02
MODAL	Mode	5.	0.308393	3.2426E+00	2.0374E+01	4.1510E+02
MODAL	Mode	6.	0.308393	3.2426E+00	2.0374E+01	4.1510E+02
MODAL	Mode	7.	0.192715	5.1890E+00	3.2604E+01	1.0630E+03
MODAL	Mode	8.	0.178942	5.5884E+00	3.5113E+01	1.2329E+03
MODAL	Mode	9.	0.160275	6.2393E+00	3.9203E+01	1.5368E+03

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Table: Modal Periods And Frequencies

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
			Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	10.	0.160275	6.2393E+00	3.9203E+01	1.5368E+03
MODAL	Mode	11.	0.11104	9.0057E+00	5.6585E+01	3.2018E+03
MODAL	Mode	12.	0.109969	9.0935E+00	5.7136E+01	3.2645E+03

Table: Program Control, Part 1 of 2

Table: Program Control, Part 1 of 2

ProgramName	Version	ProgLevel	LicenseNum	LicenseOS	LicenseSC	LicenseHT	CurrUnits
SAP2000	20.2.0	Ultimate	3010*1WYNGX4TAJLY9JK	Yes	Yes	No	Kgf, m, C

Table: Program Control, Part 2 of 2

Table: Program Control, Part 2 of 2

SteelCode	ConcCode	AlumCode	ColdCode	RegenHinge
AISC 360-16	ACI 318-14	AA-ASD 2000	AISI-ASD96	Yes

Structure results

This section provides structure results, including items such as structural periods and base reactions.

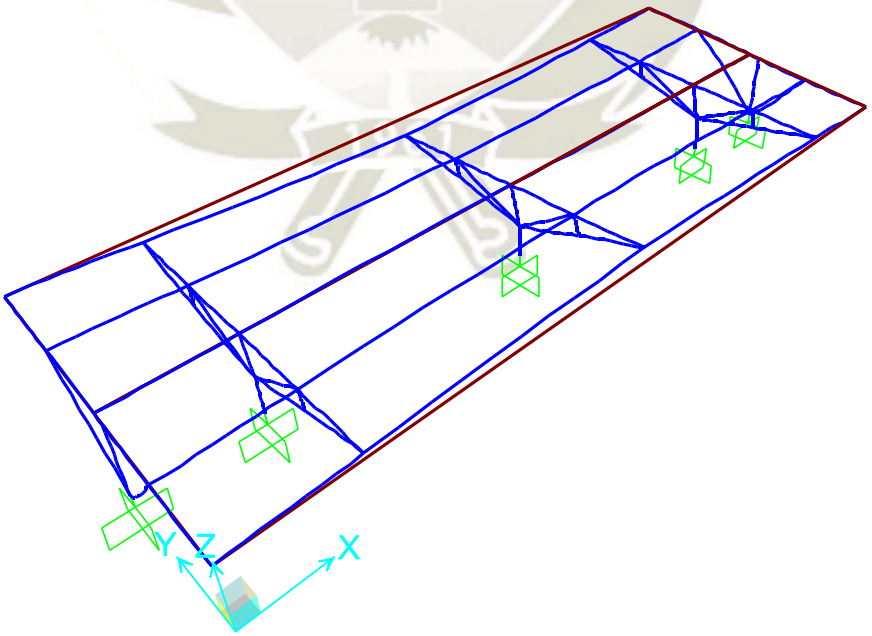


Figure: Deformed shape

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 1 of 2

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 1 of 2

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType
37	L2x2x1/4	Column	No Messages	0.699119	PMM
38	L2.5x2.5x1/4	Brace	See WarnMsg	0.552763	PMM
39	L1.5x1.5x3/16	Brace	See WarnMsg	0.295063	PMM
40	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.032124	PMM
41	L2.5x2.5x3/16	Beam	See WarnMsg	0.538333	PMM
42	L1.5x1.5x3/16	Brace	See WarnMsg	0.515031	PMM
43	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.038306	PMM
45	L1.5x1.5x3/16	Brace	See WarnMsg	0.05063	PMM
46	C4x5.4	Column	No Messages	0.361491	PMM
47	CFRHS100X50X3	Brace	See WarnMsg	0.525803	PMM
48	L1.5x1.5x3/16	Brace	See WarnMsg	0.276562	PMM
49	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.341002	PMM
50	C4x7.25	Beam	See WarnMsg	0.785292	PMM
51	L1.5x1.5x3/16	Brace	See WarnMsg	0.520187	PMM
52	L2x2x1/4	Column	No Messages	0.466676	PMM
54	L1.5x1.5x3/16	Brace	See WarnMsg	0.123604	PMM
55	C4x5.4	Column	No Messages	0.390183	PMM
56	CFRHS100X50X3	Brace	See WarnMsg	0.520655	PMM
57	L1.5x1.5x3/16	Brace	See WarnMsg	0.270919	PMM
58	L1.5x1.5x3/16	Column	No Messages	0.357437	PMM
59	C4x7.25	Beam	See WarnMsg	0.778167	PMM
60	L1.5x1.5x3/16	Brace	See WarnMsg	0.543011	PMM
61	L2x2x1/4	Column	No Messages	0.469967	PMM
63	L1.5x1.5x3/16	Brace	See WarnMsg	0.114348	PMM
64	C4x7.25	Beam	See WarnMsg	0.645915	PMM
65	C4x7.25	Beam	See WarnMsg	0.643271	PMM
66	L3x3x5/16	Beam	See WarnMsg	0.690668	PMM
67	L3x3x5/16	Beam	See WarnMsg	0.688939	PMM
68	L2x2x1/4	Beam	See WarnMsg	0.596049	PMM
69	L2x2x1/4	Beam	See WarnMsg	0.586227	PMM
71	C4x7.25	Beam	See WarnMsg	0.673665	PMM
72	C4x7.25	Beam	See WarnMsg	0.673858	PMM
92	L3x3x5/16	Beam	See WarnMsg	0.848255	PMM
93	L3x3x5/16	Beam	See WarnMsg	0.849134	PMM
94	CFSHS100X100X8	Brace	No Messages	0.937804	PMM
95	CFSHS100X100X8	Brace	No Messages	0.937719	PMM
2	L1.5x1.5x1/4	Column	See WarnMsg	0.007241	PMM
3	CFRHS100X50X5	Brace	No Messages	0.84959	PMM
5	CFRHS100X50X5	Brace	No Messages	0.866935	PMM
9	CFRHS100X50X5	Brace	No Messages	0.85404	PMM
12	CFRHS100X50X5	Brace	No Messages	0.869349	PMM
14	L1.5x1.5x1/4	Column	See WarnMsg	0.007241	PMM

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 2 of 2

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 2 of 2

Frame	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
		m		
37	COMB2	2.01457	No Messages	No Messages
38	COMB2	2.14793	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-16, Part 2 of 2

Frame	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
		m		
39	COMB4	0.	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
40	COMB3	0.0381	No Messages	No Messages
41	COMB2	0.	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
42	COMB3	0.	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
43	COMB2	0.0381	No Messages	No Messages
45	COMB2	5.88	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
46	COMB4	2.01457	No Messages	No Messages
47	COMB3	4.29587	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
48	COMB2	1.96	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
49	COMB3	0.	No Messages	No Messages
50	COMB3	3.78643	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
51	COMB2	0.	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
52	COMB3	0.	No Messages	No Messages
54	COMB3	5.88	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
55	COMB4	2.01457	No Messages	No Messages
56	COMB3	4.29587	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
57	COMB2	1.96	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
58	COMB3	0.	No Messages	No Messages
59	COMB3	3.78643	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
60	COMB2	0.	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
61	COMB3	0.	No Messages	No Messages
63	COMB3	5.88	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
64	COMB3	2.91598	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
65	COMB3	7.5	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
66	COMB3	0.	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
67	COMB3	10.416	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
68	COMB3	0.	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
69	COMB3	10.416	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
71	COMB3	2.916	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
72	COMB3	7.5	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
92	COMB3	0.	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
93	COMB3	10.416	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2); l/r > 300 (AISC D1)
94	COMB3	5.88007	No Messages	No Messages
95	COMB3	5.88	No Messages	No Messages
2	COMB1	2.01	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)
3	COMB3	2.41487	No Messages	No Messages
5	COMB3	3.15732	No Messages	No Messages
9	COMB3	2.41488	No Messages	No Messages
12	COMB3	3.15733	No Messages	No Messages
14	COMB1	0.	No Messages	kl/r > 200 (AISC E2)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO E: ELEMENTOS ESTRUCTURALES, PLANOS Y HOJAS DE PERFILES

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Canales U

CALIDAD: ASTM A36/ A572 - G50



ACEROS AREQUIPA

Elige Seguridad

Canales U

CALIDAD: ASTM A36/ A572 - G50

DENOMINACIÓN:
C (U) DUAL A36/A572 -G50

DESCRIPCIÓN:
Producto laminado en caliente con sección en forma de "U" (con alas paralelas), de calidad dual porque cumple con las normas ASTM A36 y ASTM A572 Grado 50 simultáneamente.

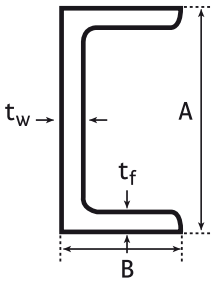
USOS:
En la fabricación de estructuras metálicas, puertas grandes, rejas y cercos de mayor tamaño, etc.

NORMAS TÉCNICAS:
- Composición Química: ASTM A36/A36M y ASTM A572/A572M
- Tolerancia Dimensional: ASTM A36/A36M y ASTM A572/A572M
- Calidad Superficial: ASTM A6/A6M

PRESENTACIÓN:
Se produce en barras de 6 metros de longitud. Se suministra en paquetes de 2TM.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:

DESIGNACIÓN	ÁREA (pulg2)	DIMENSIONES (pulg)				PESO NOMINAL	
		(A)	(B)	(t_w)	(t_f)	Kg/m	Kg/6m
2" x 2.58 lbs/pie	0.76	2.00	1.000	0.187	0.187	3.82	22.92
3" x 4.10 lbs/pie	1.21	3.00	1.410	0.170	0.273	6.12	36.72
3" x 5.0 lbs/pie	1.47	3.00	1.498	0.258	0.273	7.43	44.58
4" x 5.4 lbs/pie	1.59	4.00	1.584	0.184	0.296	8.03	48.18
4" x 7.25 lbs/pie	2.13	4.00	1.721	0.321	0.296	10.77	64.62



COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%):

%C máx	%Mn máx	%Si máx	%P máx	%S máx	Tipo 1 %Nb	Tipo 2 %V
0.23	1.35	0.40	0.04	0.05	0.005 - 0.050	0.01 - 0.15

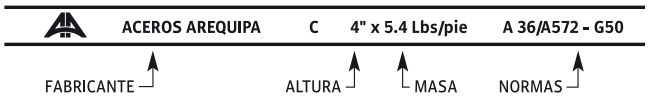
PROPIEDADES MECÁNICAS:
- Límite de Fluencia = 3,520 kg/cm^2
- Resistencia a la Tracción = 4,590 - 5,620 kg/cm^2
- Alargamiento en 200 mm = 20.0% mínimo
- Soldabilidad = Buena

TOLERANCIAS:

DIMENSIÓN NOMINAL	ALTURA (A) (pulg)	ANCHO (B) (pulg)	ESPESOR (tw)* (pulg)	DIFERENCIA ENTRE ANCHOS (ΔB – mm)[1]	DESVIACIÓN MÁXIMA DE RECTITUD (mm/m)	LONGITUD (mm)
2" x 2.58 lbs/pie	± 1/16	± 1/16	± 0.015	1.59	4.1	+50 - 0
3" x 4.10 lbs/pie	+ 3/32 - 1/16	± 1/8	- (**)	3.18		
3" x 5.0 lbs/pie	+ 3/32 - 1/16	± 1/8	- (**)	3.18		
4" x 5.4 lbs/pie	+ 3/32 - 1/16	± 1/8	- (**)	3.18		
4" x 7.25 lbs/pie	+ 3/32 - 1/16	± 1/8	- (**)	3.18		

(1) La máxima diferencia entre anchos es 50% de la tolerancia total de longitud de anchos, respectivamente, según la dimensión del canal.
(*) La norma ASTM A6 no especifica una tolerancia para tw ni para tf, en canales mayores o iguales a 3"; tolerancia sugerida: ± 0.015.
(**) Para perfiles de 3" o más, el peso métrico no debe variar más allá de + 3 / -2.5%.

IDENTIFICACIÓN:
Los canales son identificados con marcas estampadas que indican el fabricante, las dimensiones nominales y las Normas, según el siguiente esquema:



QCQA01-F115 / 01 / NOV 15

ISO 9001:2015 CERTIFICATE N° 57219
ISO 14001:2015 CERTIFICATE N° 57220
OHSAS 18001:2007 CERTIFICATE N° 57221

Lima: Av. Antonio Miró Quesada N° 425 Piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.
Pisco: Panamericana Sur Km. 240, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.
Arequipa: Variante de Uchumayo KM. 5.5, Cerro colorado, Arequipa, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

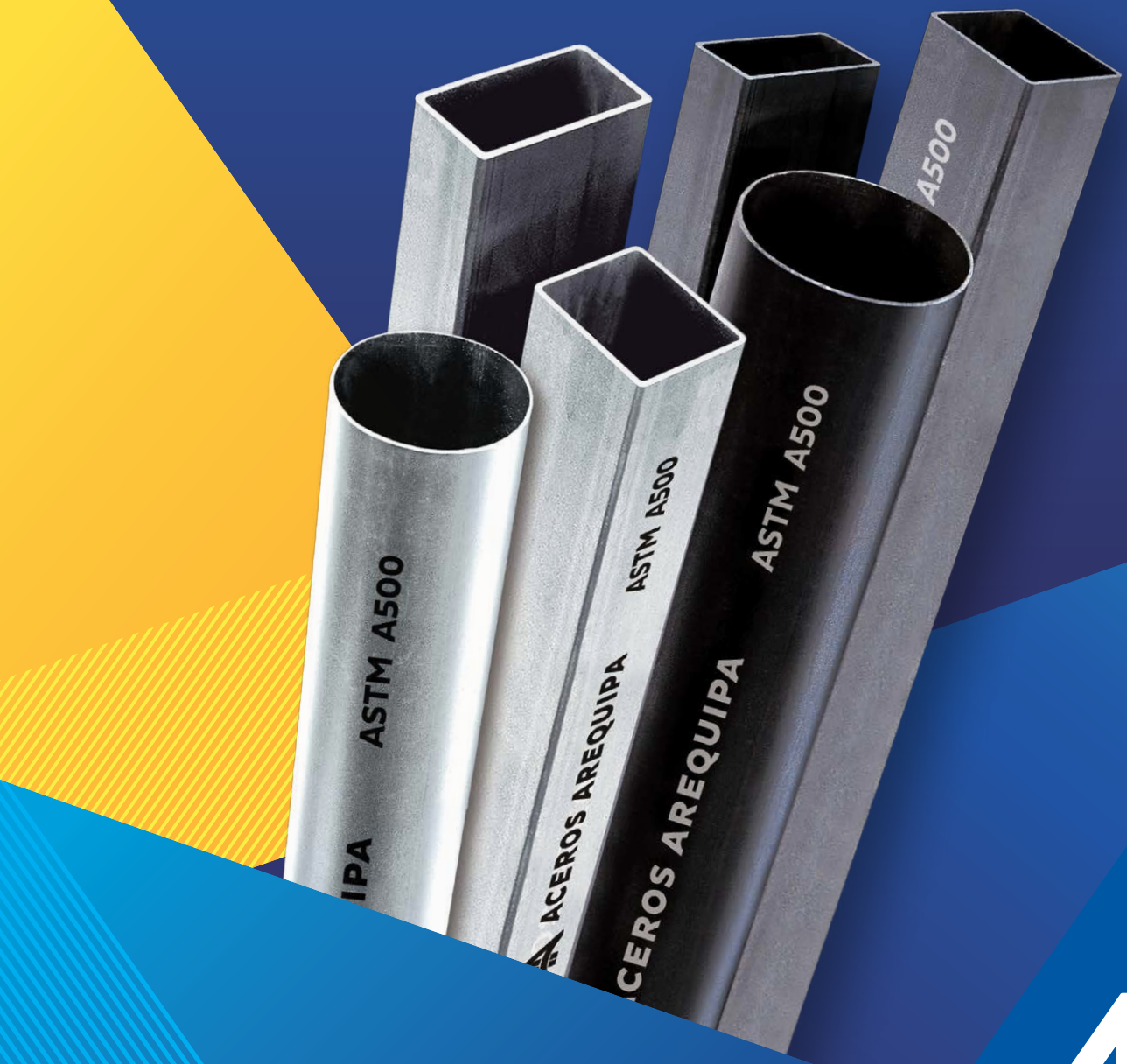
LA PAZ: Av. Hilbo N° 100. Zona El Kenko. Tel. (591) 77641658.
Santa Cruz: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06, Mz. 1, Lote 4 - Warnes. Tel. (591) 76303499. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

Encuéntranos en: YouTube **www.acerosarequipa.com**

ACEROS AREQUIPA

Tubo
LAC ASTM A500

PARA ESTRUCTURAS



ACEROS AREQUIPA

Elige Seguridad

Tubo LAC ASTM A500
PARA ESTRUCTURAS

DENOMINACIÓN:
TNM RED ND A500, TNM RED OD A500, TGM RED ND A500.
TGM RED OD A500, TNM CUA A500, TNM REC A500, TGM CUA A500, TGM REC A500.

DESCRIPCIÓN:
Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

USOS:
Diversas estructuras livianas y pesadas, carrocerías, tijerales, postes, etc.

NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:
Las dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500 – A y B.

PRESENTACIÓN:
1.- Longitud : - Redondos: 6.40 m y 6 m.
- Cuadrados y rectangulares: 6 m.
- Otras longitudes a pedido.

2.- Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.

3.- Recubrimiento : - Negro.
- Galvanizado.
(mínimo de 120 gr/m^2).

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:

DESIGNACIÓN NOMINAL			DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)							
				1.5	1.8	2	2.5	3	4	4.5	6
REDONDO	NOMINAL	1/2"	21,3		0,866	0,952	1,159				
		3/4"	26,7		1,105	1,218	1,492				
		1"	33,4		1,403	1,549	1,905	2,249			
		1 1/4"	42,2		1,793	1,983	2,448	2,900			
		1 1/2"	48,3		2,064	2,284	2,824	3,351			
		2"	60,3		2,597	2,876	3,564	4,239			
		2 1/2"	73,0			3,502	4,347	5,179			
		3"	88,9			4,285	5,327	6,355			
		4"	114,3			5,539	6,892	8,234			
CUAD	L.E.	-	25x25	1,061		1,460					
		-	30x30	1,300		1,700					
		-	40x40	1,770		2,244		3,320			
		-	50x50	2,250		3,122	3,872	4,316			
		2"	50,8			3,122	3,872	4,316			
		-	75x75			4,500	5,560	6,810			
		-	100x100			6,165	7,675	9,174	12,133	13,594	16,980

Negro y Galvanizado

DESIGNACIÓN NOMINAL		DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPESORES (mm)							
			1.5	1.8	2	2.5	3	4	4.5	6
RECT L.E.	-	20x40	1,354		1,700					
	-	25x50	1,650		2,261					
	-	40x60	2,260		3,033	3,600	4,250			
	-	40x80	2,710		3,660	4,390	5,190			
	-	50x75					5,423			
	-	50x100			4,500	5,560	6,600	8,590		
	-	50x150			6,165	7,676	9,174	11,730		

Negro y Galvanizado

PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM A500/A500M GRADOS A y B)

SECCIÓN	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)
REDONDO	A	230	310
CUADRADO Y	A	270	310
RECTANGULAR	B	315	400

MATERIA PRIMA:
Acero laminado en caliente calidad estructural.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
(Referidas a los valores nominales):
Espesor : + / - 10%
Longitud : +12.7 / -6.4 mm

Sección:

1.- Redondo:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg)	TOLERANCIA DIMENSIONAL + / – (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.5 %
Mayores 2"	0.75 %

2.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / – (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.020
2 1/2" a 3 1/2" incl.	0.025
3 1/2" a 4 incl.	0.030

3.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / – (pulg)
Menores a 63.5 incl.	0,51
63.5 a 88.9 incl.	0,64
88.9 a 139.7 incl.	0,76
Mayores a 139.7	0.01 veces el largo de la dimensión plana

QCQA01-F219 / 02 / MAY 16

ISO 9001:2015
CERTIFICATE N° 57219

ISO 14001:2015
CERTIFICATE N° 57220

OHSAS 18001:2007
CERTIFICATE N° 57221

Lima: Av. Antonio Miró Quesada N° 425 Piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.
Pisco: Panamericana Sur Km. 240, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.
Arequipa: Variante de Uchumayo KM. 5.5, Cerro colorado, Arequipa, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

LA PAZ: Av. Hilbo N° 100. Zona El Kenko. Tel. (591) 77641658.
Santa Cruz: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06,
Mz. 1, Lote 4 - Warnes. Tel. (591) 76303499. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

Encuéntranos en: YouTube **www.acerosarequipa.com**

ACEROS AREQUIPA

Ángulos Estructurales

CALIDAD: ASTM A36/A572 - G50



ACEROS AREQUIPA

Elige Seguridad

Ángulos Estructurales

CALIDAD: ASTM A36/A572 - G50

DENOMINACIÓN:
ANG DUAL A36/A572-G50

DESCRIPCIÓN:
Producto de acero laminado en caliente cuya sección transversal está formada por dos alas de igual longitud, en ángulo recto.

USOS:
Para la fabricación de estructuras de acero en plantas industriales, almacenes, techados de grandes luces, industrial naval, carrocerías, torres de transmisión. También se pueden utilizar para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, etc.

NORMAS TÉCNICAS:
- Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36M y ASTM A572/A572M
- Composición Química: ASTM A36 / A36M y ASTM A572/A572M
- Tolerancias Dimensionales: ASTM A6/A6M

PRESENTACIÓN:
Se produce en longitudes de 6 metros. Se suministra en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por paquetes de 1 TM c/u.

DIMENSIONES Y PESOS:

DIMENSIONES	PESO NOMINAL		
Pulg.	Lb/pie	Kg/m	Kg/6m
1 1/2 x 1 1/2 x 3/32	0.929	1.382	8.292
1 1/2 x 1 1/2 x 1/8	1.230	1.830	10.983
1 1/2 x 1 1/2 x 3/16	1.800	2.679	16.072
1 1/2 x 1 1/2 x 1/4	2.340	3.482	20.894
2 x 2 x 1/8	1.650	2.455	14.733
2 x 2 x 3/16	2.440	3.631	21.787
2 x 2 x 1/4	3.190	4.747	28.483
2 x 2 x 5/16	3.920	5.834	35.002
2 x 2 x 3/8	4.700	6.994	41.966
2 1/2 x 2 1/2 x 3/16	3.070	4.569	27.412
2 1/2 x 2 1/2 x 1/4	4.100	6.101	36.609
2 1/2 x 2 1/2 x 5/6	5.000	7.441	44.645
2 1/2 x 2 1/2 x 3/8	5.900	8.780	52.681
3 x 3 x 1/4	4.900	7.292	43.752
3 x 3 x 5/16	6.100	9.078	54.467
3 x 3 x 3/8	7.200	10.715	64.289
3 x 3 x 1/2	9.400	13.989	83.932
4 x 4 x 1/4	6.600	9.822	58.932
4 x 4 x 5/16	8.200	12.203	73.218
4 x 4 x 3/8	9.800	14.584	87.504
4 x 4 x 1/2	12.800	19.048	114.288

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%)

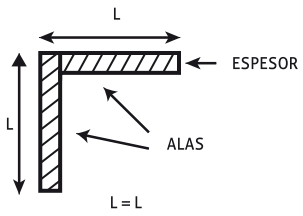
NORMA	%C máx	%Mn máx	%Si máx	%P máx	%S máx	%Nb Tipo 1	%V Tipo 2
ASTM A36/36M ASTM A572/A572 Grado 50	0.23	1.35	0.4	0.04	0.05	0,005 - 0,050	0,01 - 0,15

PROPIEDADES MECÁNICAS:
- Límite de Fluencia mínimo = 3,520 kg/cm^2
- Resistencia a la Tracción = 4,590 - 5,620 kg/cm^2
- Alargamiento en 200 mm:
  - 3/32", 1/8" y 3/16" = 15% mínimo.
  - 1/4" = 17,5% mínimo.
  - 5/16", 3/8" y 1/2" = 20,0% mínimo.
- Soldabilidad = Buena

TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA:
Sistema Inglés

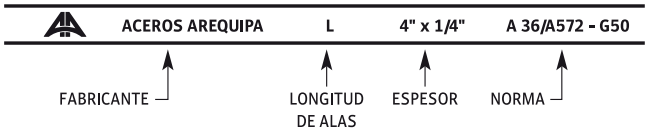
NORMA TÉCNICA	DIMENS. TÉCNICA	LONG. DE ALA (L-mm)	DIFER. ENTRE ALAS (ΔL-mm)[1]	ESPESOR			DESV. MÁX. DE RECTITUD[3] (f-mm/m)	LONG. (l-mm)
				e≤3/16"	3/16"<e≤ 3/8"	e>3/8"		
ASTM A6/ A6M	1 1/2" y 2"	±1,19	1,78	±0,25	±0,25	±0,30	4,16	+50 -0
	2 1/2"	±1,58	1,90	±0,30	±0,38	±0,38		
	3"	+3,17 -2,38	2,77	-----(2)	-----(2)	-----(2)	2,08	
	4"							

(1)La máxima diferencia entre alas 75%, 60% y 50% de la tolerancia total de longitud de alas, respectivamente según la dimensión del ángulo. Fuera de Escuadra entre Alas: máximo permitido +/-1,5°.
(2)El peso métrico no deberá variar más de -2,5% / +3,0% del peso nominal.
(3)No incluye puntas dobladas.



Corte en los extremos
Se acepta el corte con cizalla en frío.

IDENTIFICACIÓN:
Los ángulos son identificados con marcas estampadas que indican el fabricante, las dimensiones nominales y las Normas, según el siguiente esquema:



QCQA01-F101 / 01 / NOV 15

ISO 9001:2015 CERTIFICATE N° 57219
ISO 14001:2015 CERTIFICATE N° 57220
OHSAS 18001:2007 CERTIFICATE N° 57221

Lima: Av. Antonio Miró Quesada N° 425 Piso 17, Magdalena del Mar. Tel. (51-01) 517 1800.
Pisco: Panamericana Sur Km. 240, Ica. Tel. (51-056) 58 0830.
Arequipa: Variante de Uchumayo KM. 5.5, Cerro colorado, Arequipa, Arequipa. Tel. (51-01) 517 1800.

LA PAZ: Av. Hilbo N° 100. Zona El Kenko. Tel. (591) 77641658.
Santa Cruz: Urb. Parque Industrial Latinoamericano, Unidad Industrial UI 06, Mz. 1, Lote 4 - Warnes. Tel. (591) 76303499. E-mail: contactobolivia@caa.com.bo

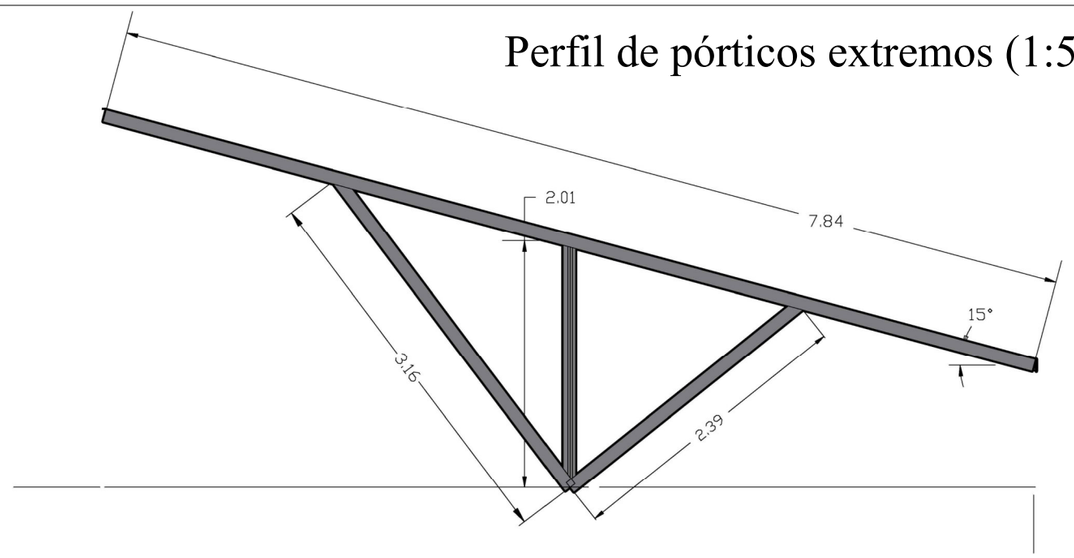
Encuéntranos en: **www.acerosarequipa.com**

ACEROS AREQUIPA

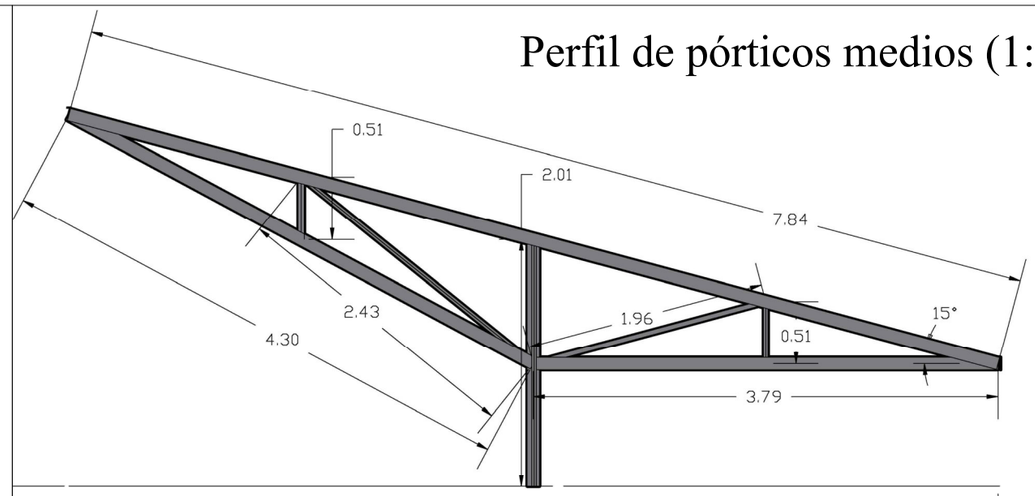
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

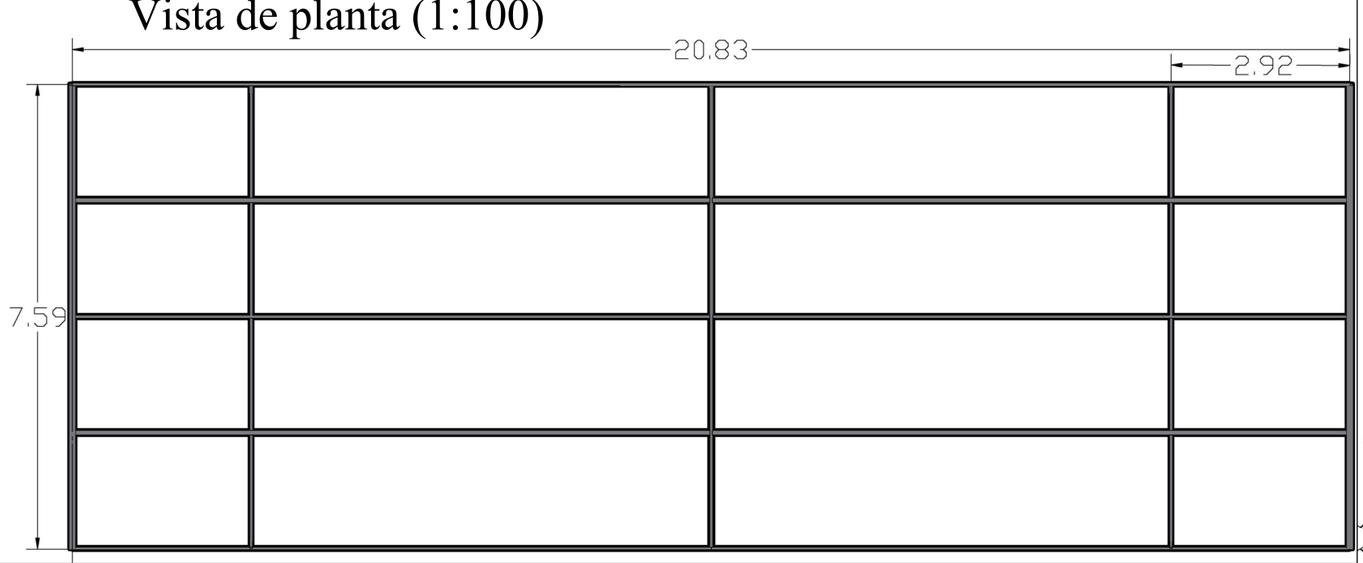
Perfil de pórticos extremos (1:50)



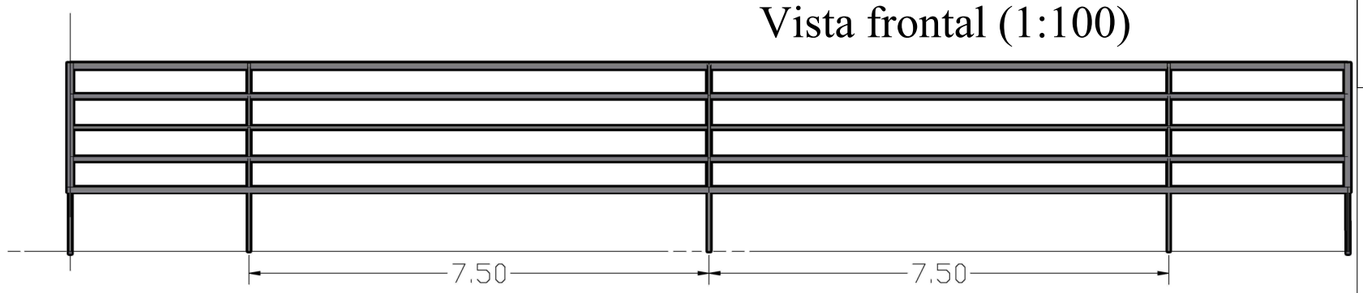
Perfil de pórticos medios (1:50)

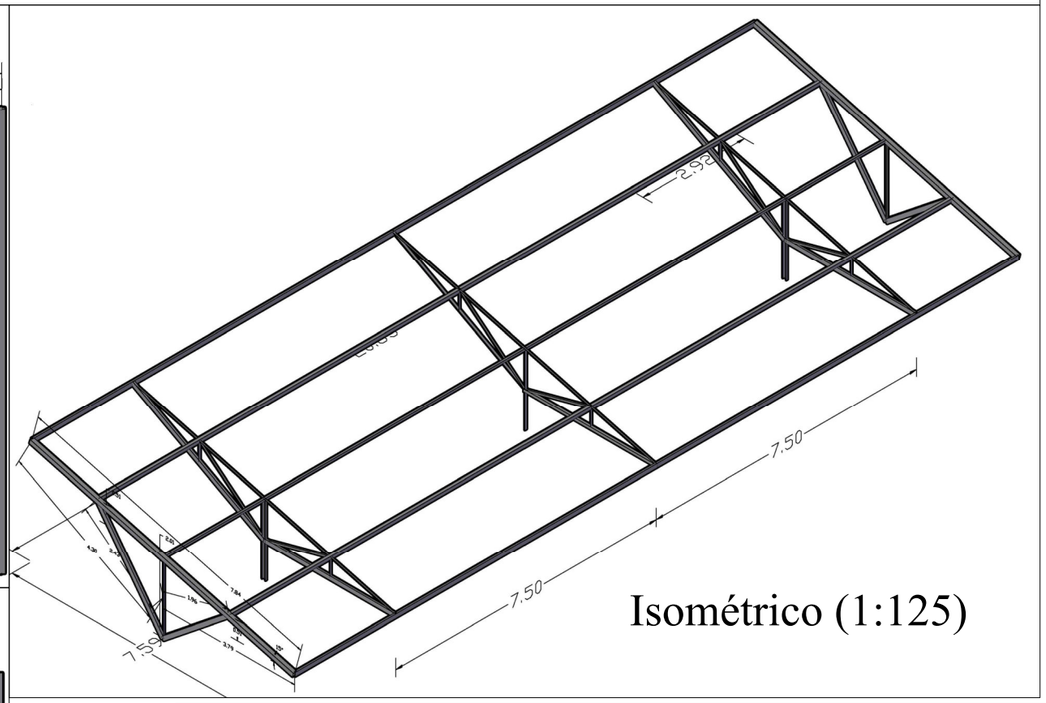


Vista de planta (1:100)



Vista frontal (1:100)





Isométrico (1:125)

E.P. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELECTRICA Y MECATRÓNICA

TITULO:
DETALLE DE DIMENSIONES DE ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO

ESCALA: Vista de perfil y pórtico (1:50) Isométrico (1:125) Vista de planta (1:100) Vista frontal (1:100)	UNIDADES: m	HOJA 01/01
NRO. DE PLANO: 002-001-001		FECHA: 01/04/2020

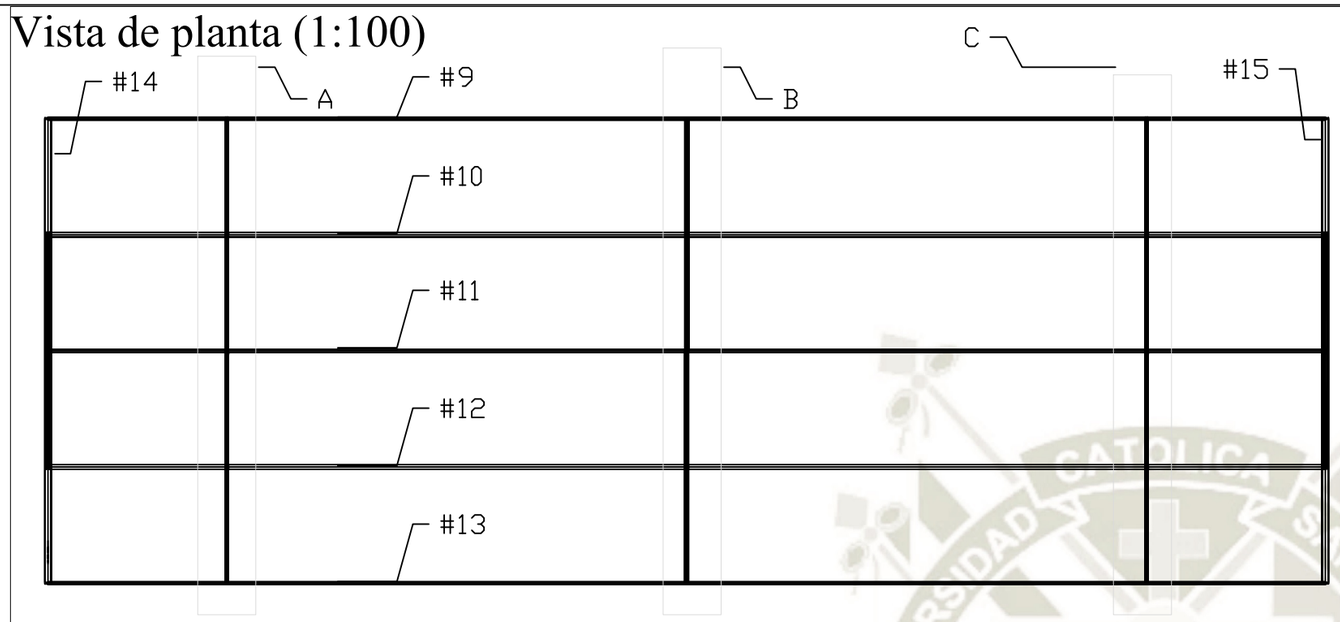
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.

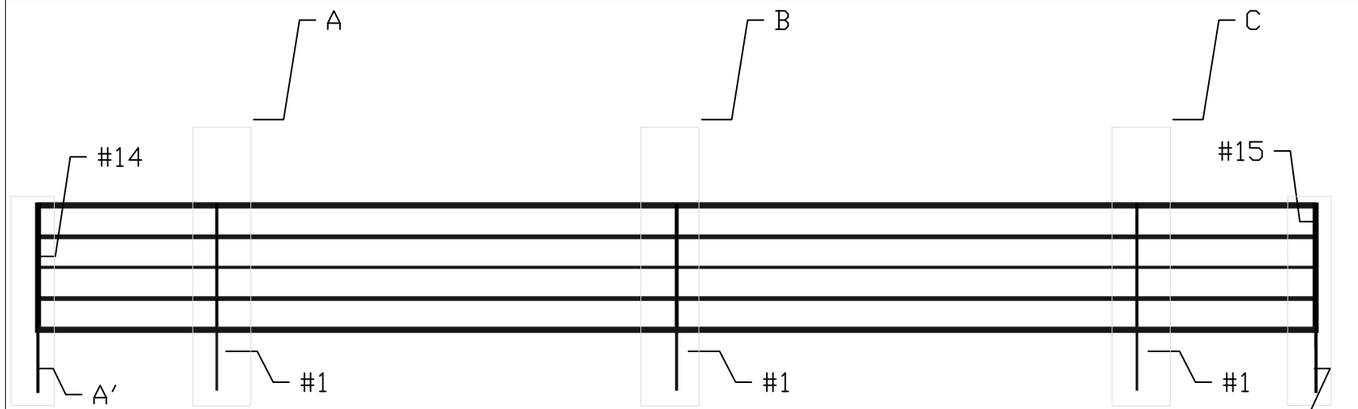
Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

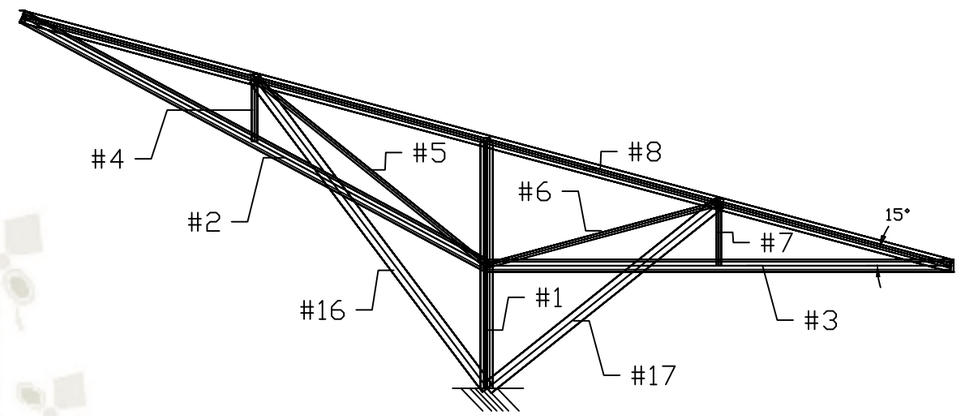
Vista de planta (1:100)





Vista frontal (1:100)

Vista de perfil y pórticos (1:50)



Metrado total del conjunto

Tipo de perfil	Material	Denominación	#piezas	Longitud total(m)	Peso/metro	Peso(kg-f)
Tubo	ASTM A500	100x100x8	2	15.68	21.3493945	334.76
Tubo	ASTM A500	100X50X3	2	8.59	6.6005333	56.71
Tubo	ASTM A500	100X50X5	4	11.14	10.5173805	117.21
Canal U	ASTM A36	4"x5.4	2	4.03	8.05134594	32.44
Canal U	ASTM A36	4"x7.25	6	49.24	10.7860293	531.07
Ángulo L	ASTM A36	L2.5x2.5x3/16	1	3.79	4.56894753	17.30
Ángulo L	ASTM A36	L2.5x2.5x1/4	1	4.30	6.02671869	25.89
Ángulo L	ASTM A36	L1.5x1.5x1/4	2	4.02	3.48507463	14.01
Ángulo L	ASTM A36	L1.5x1.5x3/16	13	38.72	2.66864275	103.32
Ángulo L	ASTM A36	L2x2x1/4	5	23.86	4.74998261	113.34
Ángulo L	ASTM A36	L3x3x5/16	4	41.66	9.01377688	375.55

Lista de elementos

Número	Elementos
#1	Pilar
#2	Diagonal A
#3	Diagonal B
#4	Diagonal C
#5	Diagonal D
#6	Diagonal E
#7	Diagonal F
#8	Dintel de pórtico
#9	Correa A
#10	Correa B
#11	Correa C
#12	Correa D
#13	Correa E
#14	Dintel de voladizo A
#15	Dintel de voladizo C
#16	Diagonal voladizo A
#17	Diagonal voladizo B

Lista de subconjuntos

Código	Subconjunto
A	Pórtico A
B	Pórtico B
C	Pórtico C
A'	Pórtico A'
C'	Pórtico C'

Metrado de Pórticos: A, C

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	LONGITUD(m)
Pilar	Canal U	ASTM A36	4"x5.4lbs/pie	2.01
Diagonal A	Tubo	ASTM A500	100x50x3	4.30
Diagonal B	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	3.79
Diagonal C	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	0.51
Diagonal D	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	2.43
Diagonal E	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	1.96
Diagonal F	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	0.51
Dintel	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	7.84

Metrado de Pórticos: A', C'

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	PORTICO(PERFIL)
Pilar	Ángulo L	ASTM A36	L1.5x1.5x1/4	2.01
Diagonal A	Tubo	ASTM A500	100X50X5	3.16
Diagonal B	Tubo	ASTM A500	100X50X5	2.39
Dintel-Voladizo	Tubo	ASTM A500	100X100X8	7.84

Metrado de Pórtico B

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	LONGITUD(m)
Pilar	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	2.01
Diagonal A	Ángulo L	ASTM A36	2.5x2.5x1/4	4.30
Diagonal B	Ángulo L	ASTM A36	2.5x2.5x3/16	3.79
Diagonal C	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	0.51
Diagonal D	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	2.43
Diagonal E	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	1.96
Diagonal F	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	0.51
Dintel	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	7.84

Metrado de Correas:

Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	LONGITUD(m)
Correa A	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	20.83
Correa B	Ángulo L	ASTM A36	3x3x5/16	20.83
Correa C	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	20.83
Correa D	Ángulo L	ASTM A36	3x3x5/16	20.83
Correa E	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	20.83

E.P. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

TITULO: ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO-CONJUNTO

ESCALA: Vista de perfil y pórtico (1:50) Isométrico (1:125) Vista de planta (1:100) Vista frontal (1:100)

UNIDADES: m

HOJA 01/01

NRO. DE PLANO: 002-001-002

FECHA: 01/04/2020

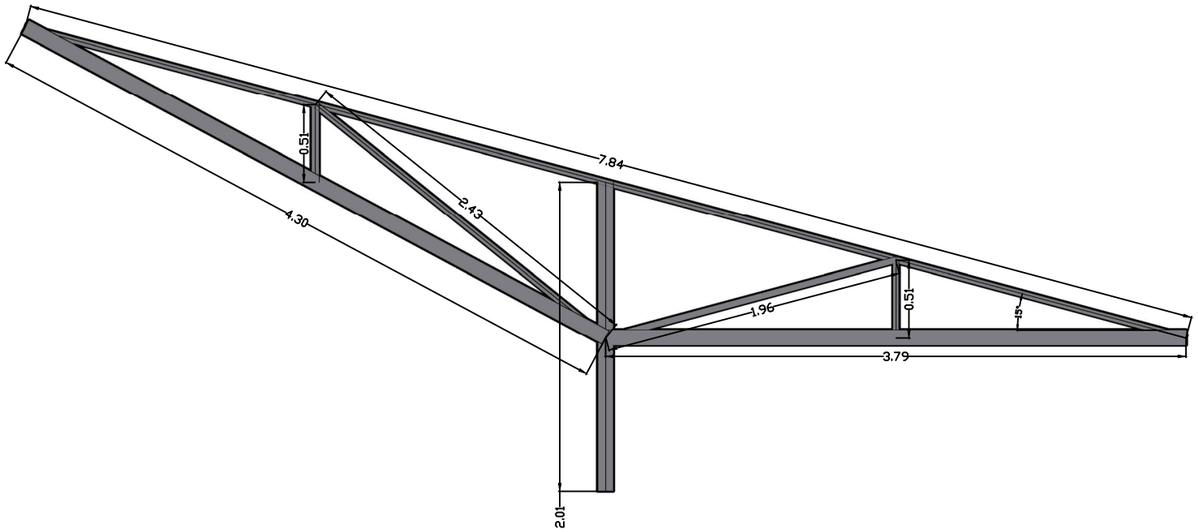
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.

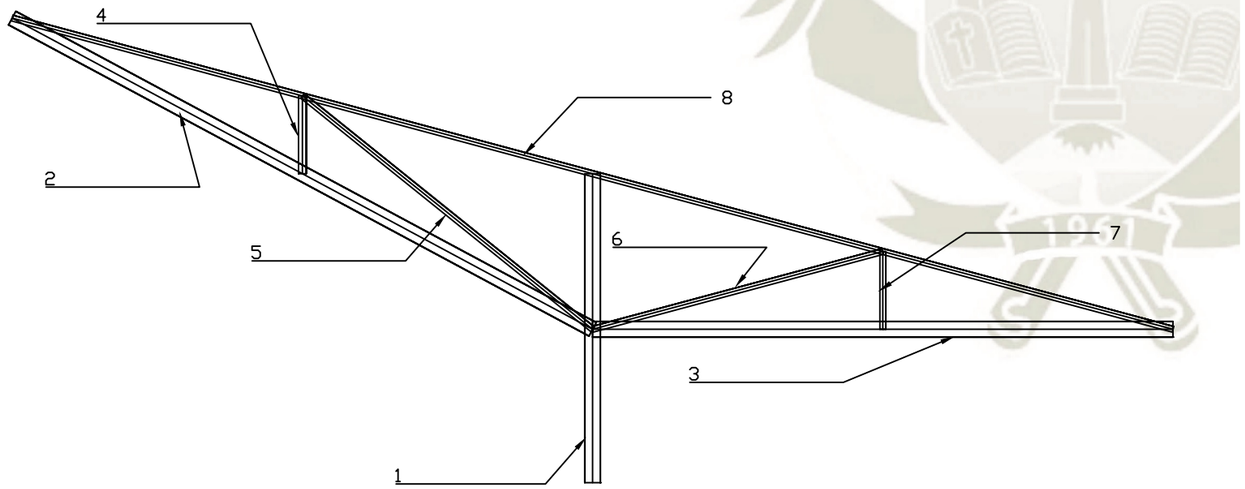
Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

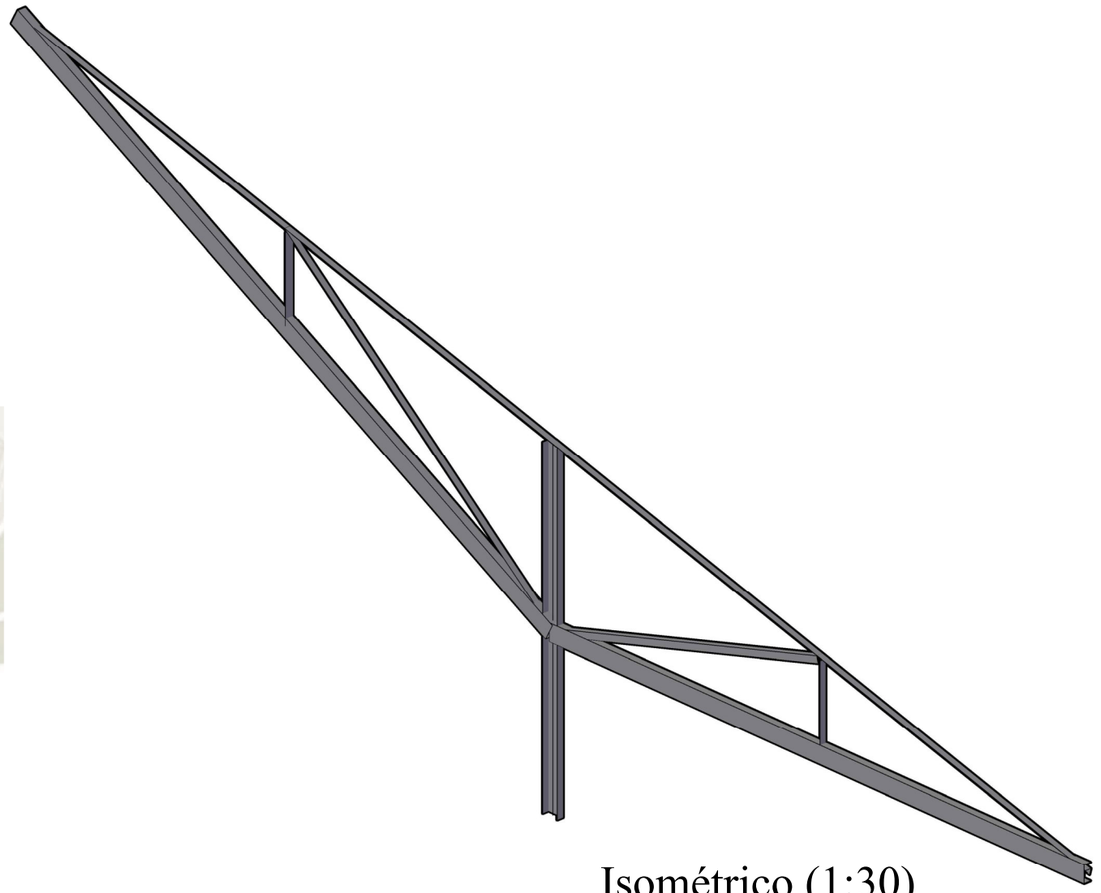
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA







Isométrico (1:30)

Lista de elementos de Pórticos: A, C

Código	Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	LONGITUD(m)
1	Pilar	Canal U	ASTM A36	4"x5.4lbs/pie	2.01
2	Diagonal A	Tubo	ASTM A500	100x50x3	4.30
3	Diagonal B	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	3.79
4	Diagonal C	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	0.51
5	Diagonal D	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	2.43
6	Diagonal E	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	1.96
7	Diagonal F	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	0.51
8	Dintel	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	7.84

E.P. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELECTRICA Y MECATRÓNICA

TITULO: ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO-SUBCONJUNTO-PÓRTICOS A,C

ESCALA:	UNIDADES:	HOJA
(1:40)	m	01/01
NRO. DE PLANO: 002-001-003		FECHA: 01/04/2020

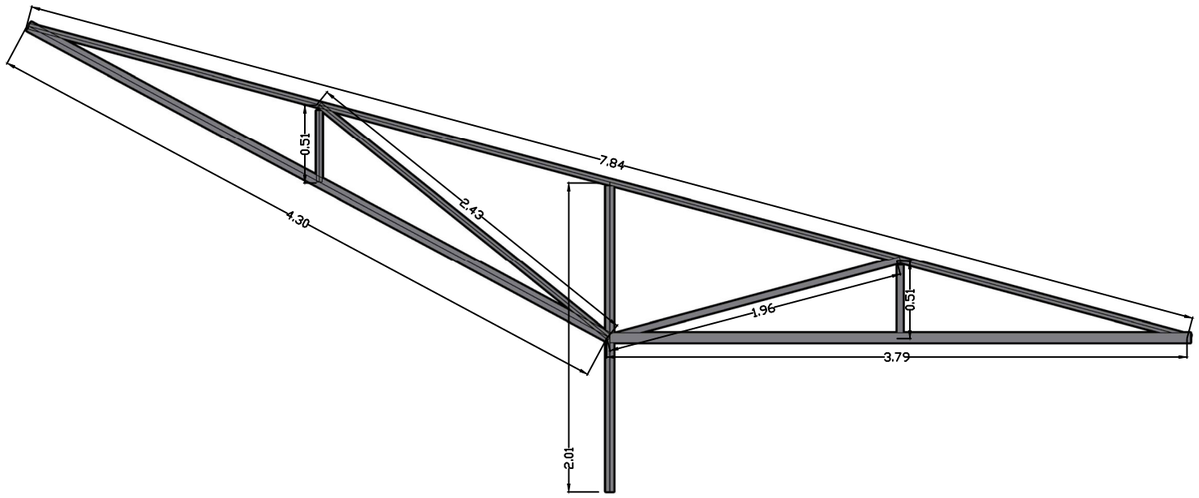
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado sin autorización especificada por escrito por los autores.

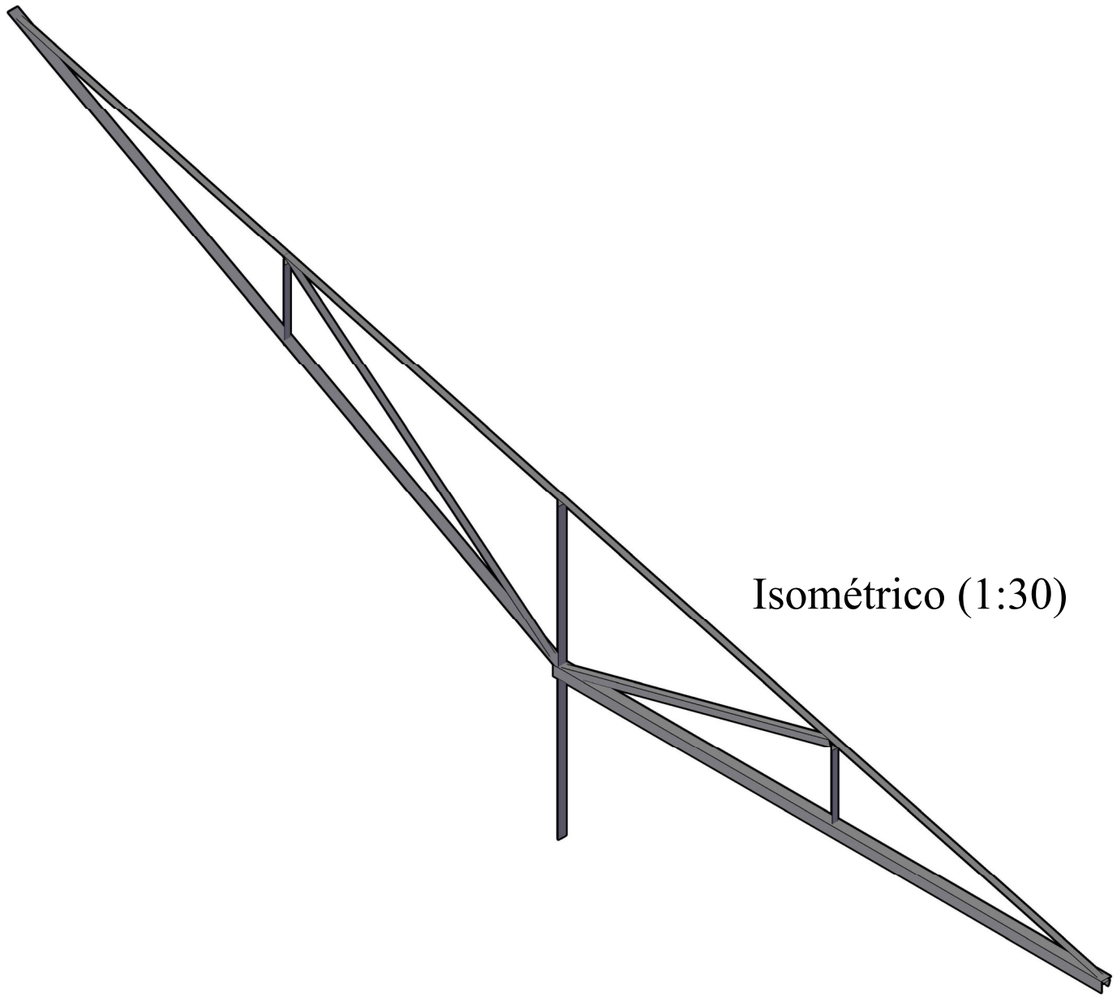
Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

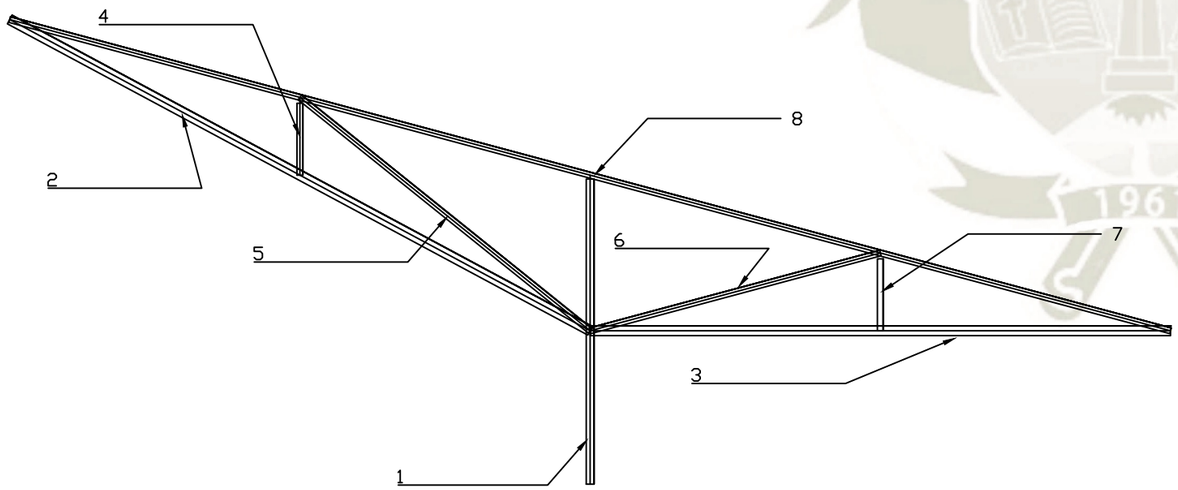
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA





Isométrico (1:30)



Lista de elementos del Pórtico B

Código	Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	LONGITUD(m)
1	Pilar	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	2.01
2	Diagonal A	Ángulo L	ASTM A36	2.5x2.5x1/4	4.30
3	Diagonal B	Ángulo L	ASTM A36	2.5x2.5x3/16	3.79
4	Diagonal C	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	0.51
5	Diagonal D	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	2.43
6	Diagonal E	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	1.96
7	Diagonal F	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	0.51
8	Dintel	Ángulo L	ASTM A36	1.5x1.5x3/16	7.84

E.P. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

TITULO: ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO-SUBCONJUNTO-PÓRTICO B

ESCALA:	UNIDADES:	HOJA
(1:40)	m	01/01
NRO. DE PLANO: 002-001-004		FECHA: 01/04/2020

Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado sin autorización especificada por escrito por los autores.

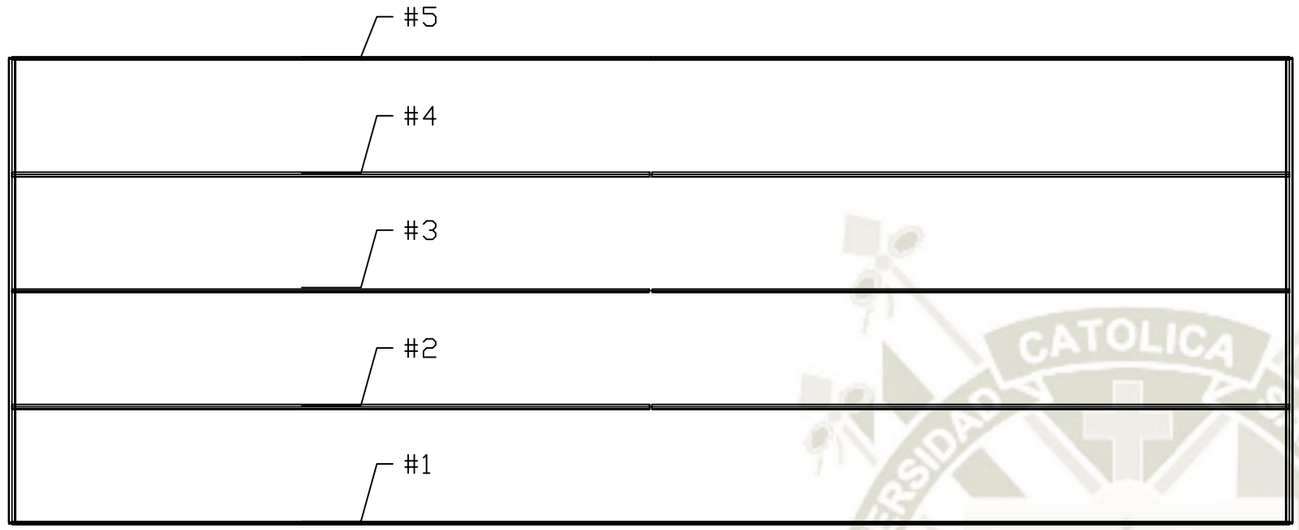
Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

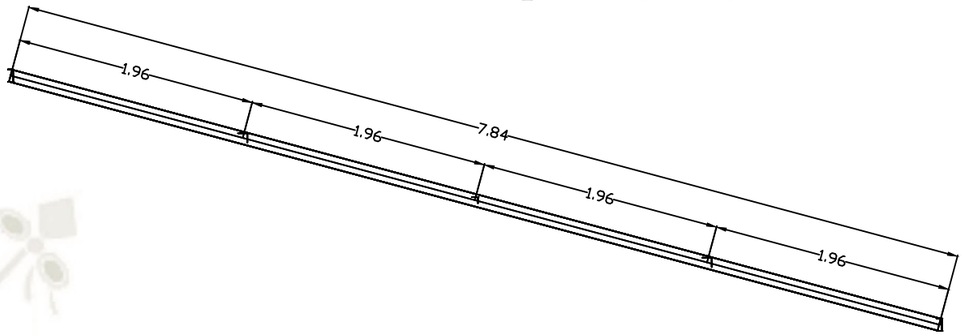
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Vista de planta (1:100)

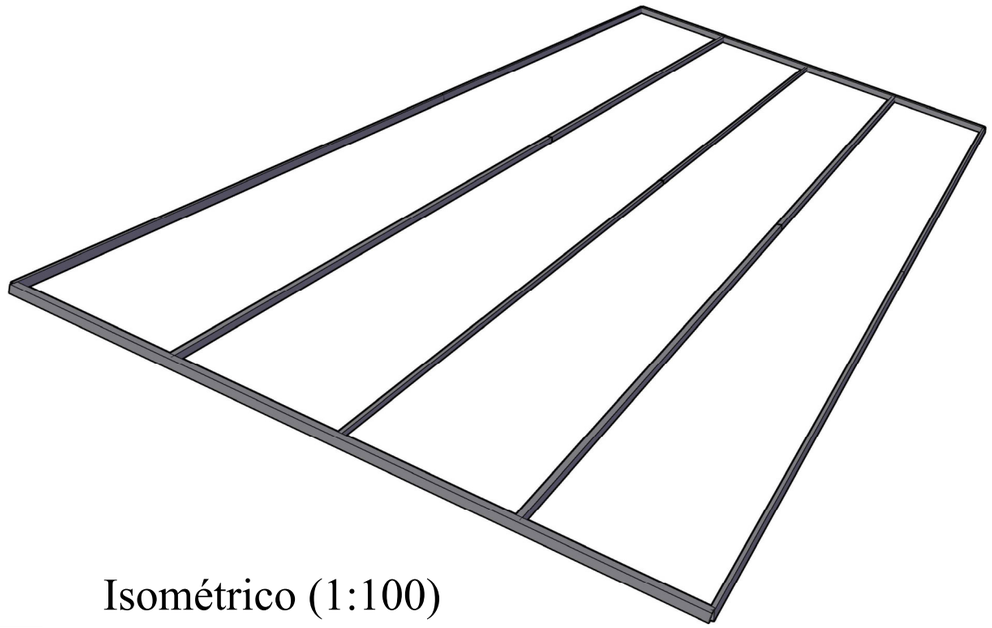


Vista de perfil (1:50)





Vista frontal (1:100)



Isométrico (1:100)

Lista de elementos

Código	Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	LONGITUD(m)
1	Correa A	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	20.83
2	Correa B	Ángulo L	ASTM A36	3x3x5/16	20.83
3	Correa C	Ángulo L	ASTM A36	2x2x1/4	20.83
4	Correa D	Ángulo L	ASTM A36	3x3x5/16	20.83
5	Correa E	Canal U	ASTM A36	4"x7.25lbs/pie	20.83

E.P. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELECTRICA Y MECATRÓNICA

TITULO:
ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO-SUBCONJUNTO DE CORREAS

ESCALA: Vista de perfil (1:50) Isométrico (1:100) Vista de planta (1:100) Vista frontal (1:100)	UNIDADES: m	HOJA 01/01
NRO. DE PLANO: 002-001-005		FECHA: 01/04/2020

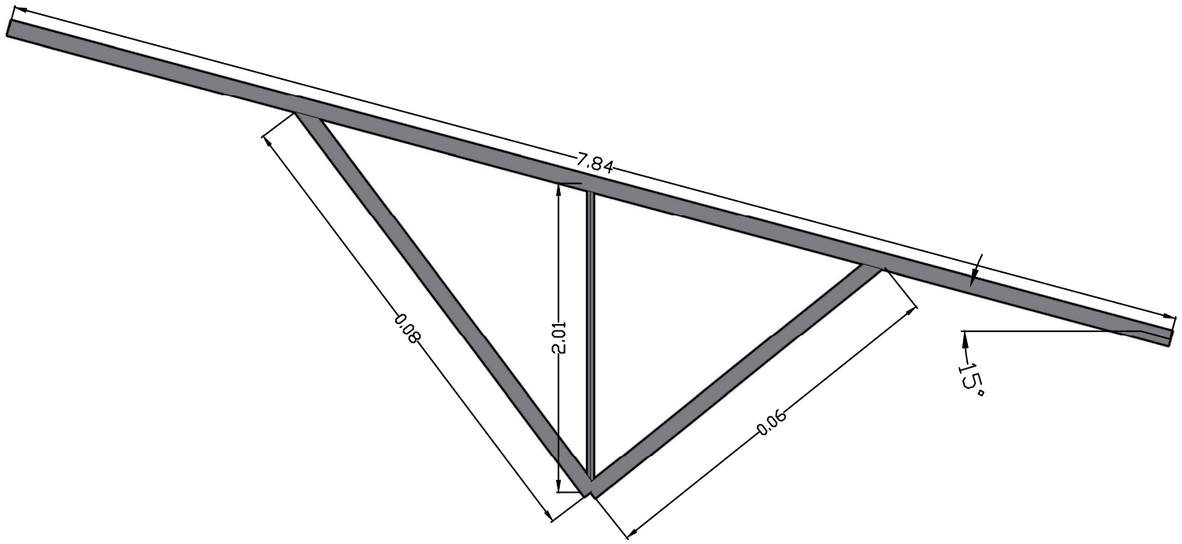
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.

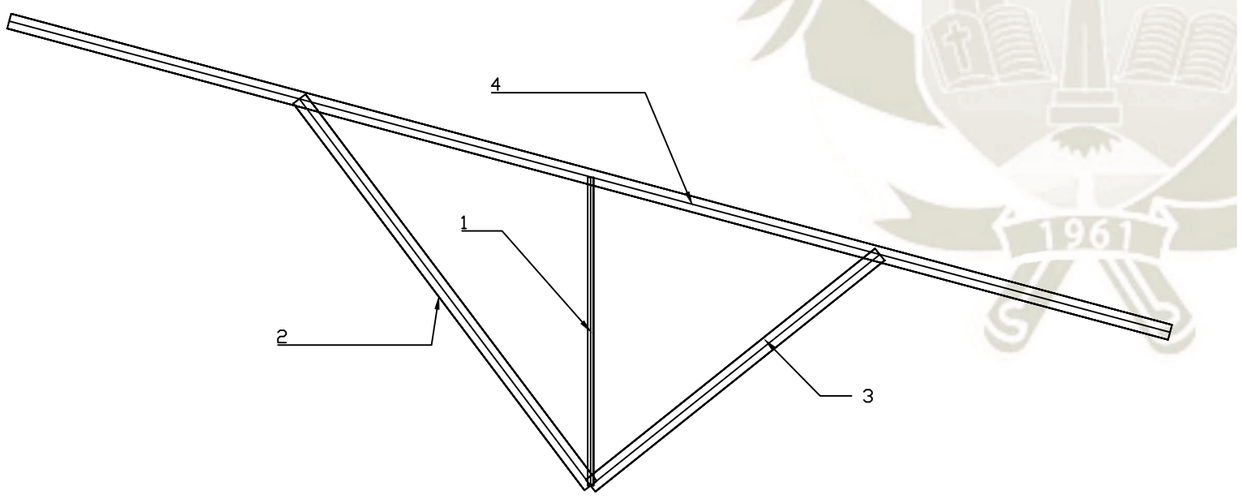
Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

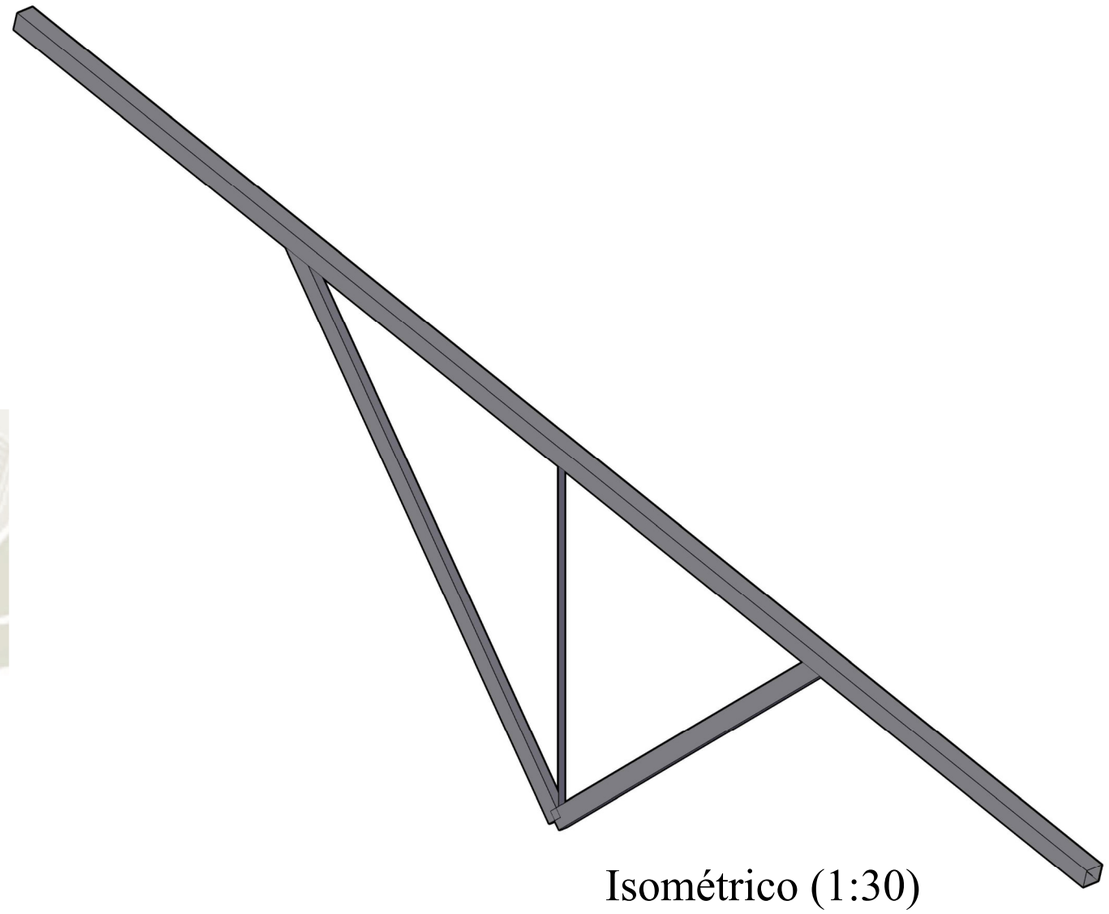
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA







Isométrico (1:30)

Lista de elementos de Pórticos: A', C'

Código	Elemento	PERFIL	MATERIAL	DIMENSIONES	LONGITUD(m)
1	Pilar	Ángulo L	ASTM A36	L1.5x1.5x1/4	2.01
2	Diagonal A	Tubo	ASTM A500	100X50X5	3.16
3	Diagonal B	Tubo	ASTM A500	100X50X5	2.39
4	Dintel	Tubo	ASTM A500	100X100X8	7.84

E.P. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

TITULO: ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO-SUBCONJUNTO-PÓRTICOS A',C'			
ESCALA: (1:40)	UNIDADES: m	HOJA 01/01	
NRO. DE PLANO: 002-001-006		FECHA: 01/04/2020	
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado sin autorización especificada por escrito por los autores.	Dibujado por: Arturo Velásquez Cruz	Revisado por: Ing. Victor Rivera Acosta	Aprobado por: Ing. Victor Rivera Acosta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

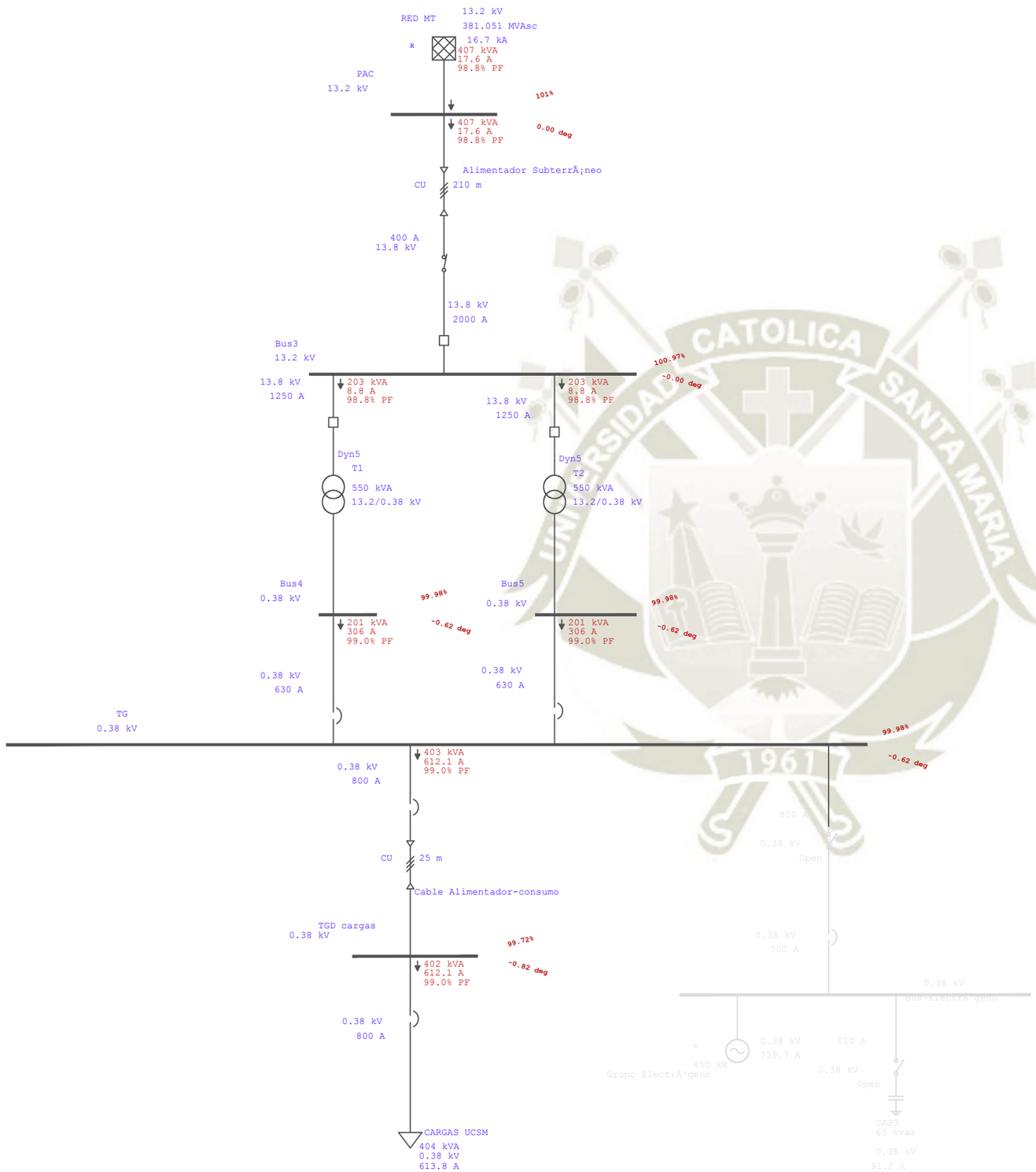
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO F: FLUJOS DE POTENCIA: REPORTES Y ESQUEMAS UNIFILARES, ANÁLISIS EN AC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



	TITULO: FLUJO DE CARGA EN FUNCIONAMIENTO NORMAL SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA(ETAP)		
	ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01/01	
	NRO. DE PLANO: 001-001-001	FECHA: 01/04/2020	
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado sin autorización especificada por escrito por los autores.	Dibujado por: Arturo Velásquez Cruz	Revisado por: Ing. Victor Rivera Acosta	Aprobado por: Ing. Victor Rivera Acosta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Programa Analizador de Transitorios Eléctricos

Análisis Flujo de Carga

Categoría de Carga (1): Design

Categoría de Generación (1): Diseño

Factor de Diversidad de Carga: Ninguno

	Barra Infinita	V-Control	Carga	Total
Número de Barras:	1	0	5	6

	XFMR2	XFMR3	Reactor	Línea/Cable	Impedancia	DP-Enlace	Total
Número de Ramales:	2	0	0	2	0	2	6

Método de Solución:	Método Newton-Raphson Adaptativo
No. de Iteración Máximo:	99
Precisión de Solución:	0.0001000
Frecuencia del Sistema:	60.00 Hz
Sistema de Unidades:	Metric
Nombre de Archivo de Proyecto:	COPIA DE PRUEBA10
Nombre Archivo de Salida:	C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap simulation\ucsm__proyectofinal\COPIAS\flujo1.lfr

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ajustes

Tolerancia	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Porcentaje
Impedancia Transformador:	Sí	Individual	
Impedancia de Reactor:	Sí	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		

Corrección de Temperatura	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Grados C
Resistencia de Línea de Transmisión:	Sí	Individual	
Resistencia de Cable:	Sí	Individual	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Barra

Barra			Tensión Inicial		Carga							
					kVA Constante		Z Constante		I Constante		Genérico	
ID	V	Sub-sist	% Mag.	Áng.	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar
Bus3	13200	1	100.0	0.0								
Bus4	380	1	100.0	0.0								
Bus5	380	1	100.0	0.0								
PAC	13200	1	101.0	0.0								
TG	380	1	100.0	0.0								
TGD cargas	380	1	100.0	0.0			400.0	56.4				
Número total de Barras: 6					0.000	0.000	400.041	56.421	0.000	0.000	0.000	0.000

Barra de Generación				Tensión		Generación			Límites Kvar	
ID	V	Tipo	Sub-sist	% Mag.	Ángulo	kW	kvar	% FP	Max	Mín
PAC	13200	Barra Infinita	1	101.0	0.0					
						0.000	0.000			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada Línea/Cable

Ohms o Siemens/1000mpor Conductor (Cable) o por Fase (Línea)

Línea/Cable			Longitud						
ID	Librería	Tamaño	Adj. (m)	% Tol.	#/Fase	T (°C)	R	X	Y
Alimentador Subterráneo	15NCUS3	35	210.0	0.0	1	75	0.637122	0.143000	
Cable Alimentador-consumo	20NCUS3	400	25.0	0.0	2	75	0.060851	0.108000	

Las resistencias de la línea/del Cable se muestran a las temperaturas especificadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Transformador de 2 Devanados

Transformador		Clase					Z variación			% Ajuste Toma		Ajustado	Desfase	
ID	Fase	kVA	V Prim.	V Sec.	% Z1	X1/R1	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Tipo	Ángulo
T1	Trifásico	550.0	13200	380	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
T2	Trifásico	550.0	13200	380	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Conexiones de Ramal

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Impedancia Sec. Pos., Base 100 MVA			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
T1	2W XFMR	Bus3	Bus4	403.42	605.13	727.27	
T2	2W XFMR	Bus3	Bus5	403.42	605.13	727.27	
Alimentador Subterráneo	Cable	PAC	Bus3	7.68	1.72	7.87	
Cable Alimentador-consumo	Cable	TG	TGD cargas	52.68	93.49	107.31	
CB11	Tie Breakr	Bus4	TG				
CB12	Tie Breakr	Bus5	TG				

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Informe de Flujo de Carga

Barra		Tensión		Generación		Carga		Flujo de Carga					XFMR
ID	V	% Mag.	Áng.	kW	kvar	kW	kvar	ID	kW	kvar	Amp	%FP	%Toma
Bus3	13200	100.968	0.0	0	0	0	0	PAC	-401.937	-62.535	17.6	98.8	
								Bus4	200.968	31.267	8.8	98.8	
								Bus5	200.968	31.267	8.8	98.8	
Bus4	380	99.984	-0.6	0	0	0	0	Bus3	-199.331	-28.812	306.0	99.0	
								TG	199.331	28.812	306.0	99.0	
Bus5	380	99.984	-0.6	0	0	0	0	Bus3	-199.331	-28.812	306.0	99.0	
								TG	199.331	28.812	306.0	99.0	
* PAC	13200	101.000	0.0	402.1	62.6	0	0	Bus3	402.061	62.563	17.6	98.8	
TG	380	99.984	-0.6	0	0	0	0	TGD cargas	398.663	57.624	612.1	99.0	
								Bus4	-199.331	-28.812	306.0	99.0	
								Bus5	-199.331	-28.812	306.0	99.0	
TGD cargas	380	99.720	-0.8	0	0	397.8	56.1	TG	-397.808	-56.106	612.1	99.0	

* Indica una barra con tensión regulada (con máquinas de tensión controlada o máquinas de referencia conectadas)

Indica una barra con tiene un error de convergencia de carga mayor a 0.1 MVA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Informe Resumen de Carga en Barras

Barra			Carga Conectada Directamente								Carga Total en Barra			
			kVA Constante		Z Constante		I Constante		Genérico					
ID	V	Amp Nominal	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar	kVA	% FP	Amp	Porcentaje Carga
Bus3	13200		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	406.8	98.8	17.6	
Bus4	380		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	201.4	99.0	306.0	
Bus5	380		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	201.4	99.0	306.0	
PAC	13200		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	406.9	98.8	17.6	
TG	380		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	402.8	99.0	612.1	
TGD cargas	380		0.0	0.0	397.8	56.1	0.0	0.0	0.0	0.0	401.7	99.0	612.1	

* Indica que la carga en operación conectada a la barra excede el límite crítico de la barra (100.0 en % de la corriente nominal).

Indica que la carga en operación conectada a la barra excede el límite marginal de la barra (95.0 en % de la corriente nominal).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Informe Resumen de Carga en Ramales

Circuito / Rama		Cable y Reactor			Transformador				
		Ampacidad	Carga		Capacidad	Carga (entrada)		Carga (salida)	
ID	Tipo	(Amp)	Amp	%	(kVA)	kVA	%	kVA	%
Cable Alimentador-consumo	Cable	1068.10	612.10	57.31	0.0	0.0		0.0	
T1	Transformer				420.0	203.4	48.4	201.4	48.0
T2	Transformer				420.0	203.4	48.4	201.4	48.0

* Indica ramal cuya carga excede su capacidad de carga

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Informe Resumen de Pérdidas en Ramas

Circuito / Rama	Flujo Origen-Destino		Flujo Destino-Origen		Pérdidas		% Tensión Barra		Vd % Caída en Vmag
ID	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar	Origen	Destino	
Alimentador Subterráneo	-401.9	-62.5	402.1	62.6	0.1	0.0	101.0	101.0	0.03
T1	201.0	31.3	-199.3	-28.8	1.6	2.5	101.0	100.0	0.98
T2	201.0	31.3	-199.3	-28.8	1.6	2.5	101.0	100.0	0.98
Cable Alimentador-consumo	398.7	57.6	-397.8	-56.1	0.9	1.5	100.0	99.7	0.26
					4.3	6.5			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Informe Resumido de Alertas

	% Ajustes de Alerta	
	Crítico	Marginal
Carga		
Barra	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Línea	100.0	95.0
Transformador	100.0	95.0
Tabla	100.0	95.0
Dispositivo de Protección	100.0	95.0
Generador	100.0	95.0
Inversor /Cargador	100.0	95.0
Tensión de Barra		
Sobretensión	105.0	102.0
Baja Tensión	95.0	98.0
Excitación del Generador		
Sobreexcitado (Q Max.)	100.0	95.0
Subexcitación (Q Min.)	100.0	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Resumen de Totales de Generación, Carga, y Demanda

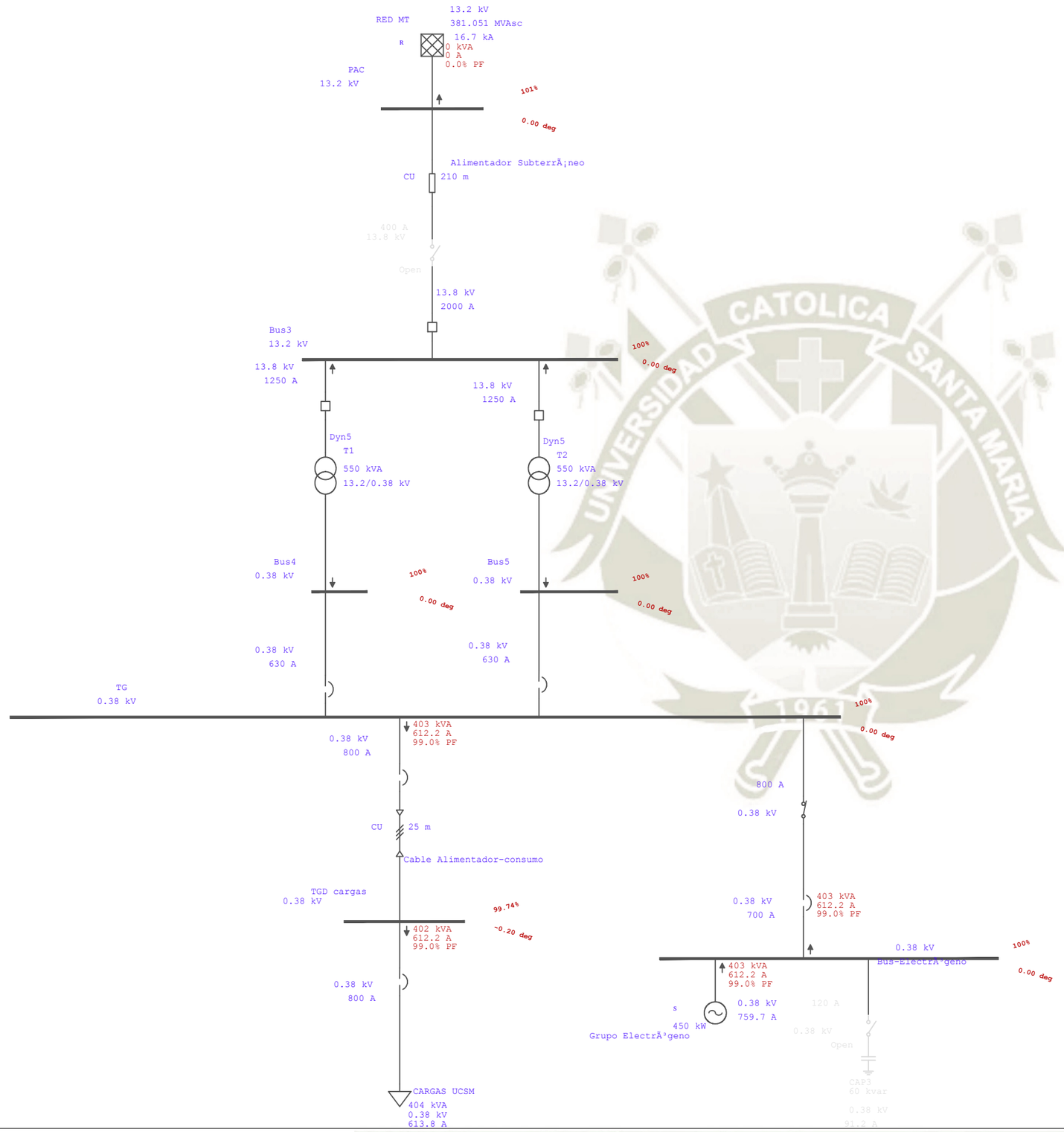
	kW	kvar	kVA	% FP
Fuente (Barras tipo Swing):	402.1	62.6	406.9	98.81 Lagging
Fuente (Barras tipo No-Swing):	0.0	0.0	0.0	
Demanda Total:	402.1	62.6	406.9	98.81 Lagging
Total Carga Motor:	0.0	0.0	0.0	
Total Carga Estática:	397.8	56.1	401.7	99.02 Lagging
Total Cargas I Constante:	0.0	0.0	0.0	
Total Carga Genérica:	0.0	0.0	0.0	
Pérdidas Aparentes:	4.3	6.5		
Divergencia del Sistema:	0.0	0.0		

Número de Iteraciones: 1

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



TITULO: FLUJO DE CARGA EN FUNCIONAMIENTO DE EMERGENCIA(GRUPO ELECTRÓGENO) SIN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA(ETAP)			
ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01/01		
NRO. DE PLANO: 001-001-002	FECHA: 01/04/2020		
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado sin autorización especificada por escrito por los autores.	Dibujado por: Arturo Velásquez Cruz	Revisado por: Ing. Victor Rivera Acosta	Aprobado por: Ing. Victor Rivera Acosta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Programa Analizador de Transitorios Eléctricos

Análisis Flujo de Carga

Categoría de Carga (1): Design

Categoría de Generación (1): Diseño

Factor de Diversidad de Carga: Ninguno

	Barra Infinita	V-Control	Carga	Total
Número de Barras:	2	0	5	7

	XFMR2	XFMR3	Reactor	Línea/Cable	Impedancia	DP-Enlace	Total
Número de Ramales:	2	0	0	1	0	3	6

Método de Solución:	Método Newton-Raphson Adaptativo
No. de Iteración Máximo:	99
Precisión de Solución:	0.0001000
Frecuencia del Sistema:	60.00 Hz
Sistema de Unidades:	Metric
Nombre de Archivo de Proyecto:	COPIA DE PRUEBA10
Nombre Archivo de Salida:	C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap simulation\ucsm__proyectofinal\COPIAS\flujo1.lfr

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ajustes

Tolerancia	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Porcentaje
Impedancia Transformador:	Sí	Individual	
Impedancia de Reactor:	Sí	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		

Corrección de Temperatura	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Grados C
Resistencia de Línea de Transmisión:	Sí	Individual	
Resistencia de Cable:	Sí	Individual	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Barra

Barra			Tensión Inicial		Carga							
					kVA Constante		Z Constante		I Constante		Genérico	
ID	V	Sub-sist	% Mag.	Áng.	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar
Bus-Electrógeno	380	2	100.0	0.0								
Bus3	13200	2	100.0	0.0								
Bus4	380	2	100.0	0.0								
Bus5	380	2	100.0	0.0								
PAC	13200	1	101.0	0.0								
TG	380	2	100.0	0.0								
TGD cargas	380	2	100.0	0.0			400.0	56.4				
Número total de Barras: 7					0.000	0.000	400.041	56.421	0.000	0.000	0.000	0.000

Barra de Generación				Tensión		Generación			Límites Kvar	
ID	V	Tipo	Sub-sist	% Mag.	Ángulo	kW	kvar	% FP	Max	Min
Bus-Electrógeno	380	Barra Infinita	2	100.0	0.0					
PAC	13200	Barra Infinita	1	101.0	0.0					
						0.000	0.000			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Informe Resumido de Alertas

	% Ajustes de Alerta	
	Crítico	Marginal
Carga		
Barra	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Línea	100.0	95.0
Transformador	100.0	95.0
Tabla	100.0	95.0
Dispositivo de Protección	100.0	95.0
Generador	100.0	95.0
Inversor /Cargador	100.0	95.0
Tensión de Barra		
Sobretensión	105.0	102.0
Baja Tensión	95.0	98.0
Excitación del Generador		
Sobreexcitado (Q Max.)	100.0	95.0
Subexcitación (Q Min.)	100.0	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Resumen de Totales de Generación, Carga, y Demanda

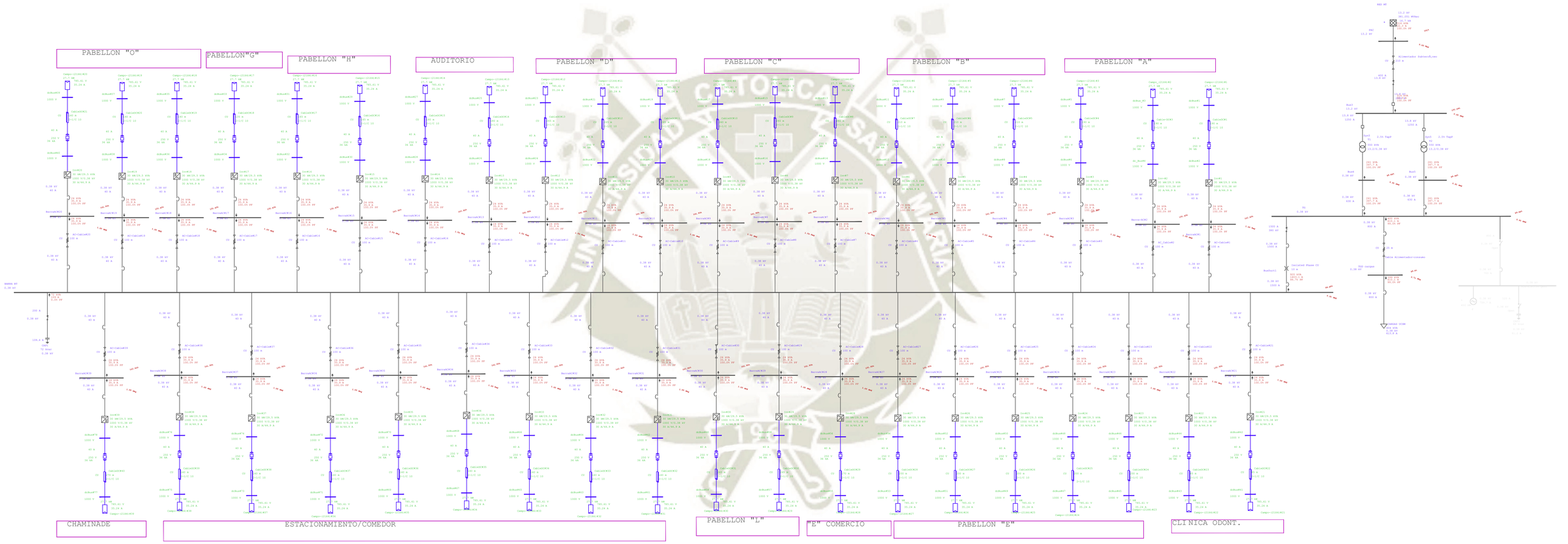
	kW	kvar	kVA	% FP
Fuente (Barras tipo Swing):	398.8	57.6	402.9	98.97 Lagging
Fuente (Barras tipo No-Swing):	0.0	0.0	0.0	
Demanda Total:	398.8	57.6	402.9	98.97 Lagging
Total Carga Motor:	0.0	0.0	0.0	
Total Carga Estática:	397.9	56.1	401.9	99.02 Lagging
Total Cargas I Constante:	0.0	0.0	0.0	
Total Carga Genérica:	0.0	0.0	0.0	
Pérdidas Aparentes:	0.9	1.5		
Divergencia del Sistema:	0.0	0.0		

Número de Iteraciones: 1

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



AJP INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	TITULO: FLUJO DE CARGA EN FUNCIONAMIENTO NORMAL CON SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA(ETAP)		
	ESCALA: N A (no aplica)	HOJA 01/01	
	NRO. DE PLANO: 001-001-003	FECHA: 01/04/2020	
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado sin autorización especificada por escrito por los autores.	Dibujado por: Arturo Velásquez Cruz	Revisado por: Ing. Victor Rivera Acosta	Aprobado por: Ing. Victor Rivera Acosta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Informe Resumido de Alertas

	% Ajustes de Alerta	
	Crítico	Marginal
Carga		
Barra	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Línea	100.0	95.0
Transformador	100.0	95.0
Tabla	100.0	95.0
Dispositivo de Protección	100.0	95.0
Generador	100.0	95.0
Inversor /Cargador	100.0	95.0
Tensión de Barra		
Sobretensión	105.0	102.0
Baja Tensión	95.0	98.0
Excitación del Generador		
Sobreexcitado (Q Max.)	100.0	95.0
Subexcitación (Q Min.)	100.0	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

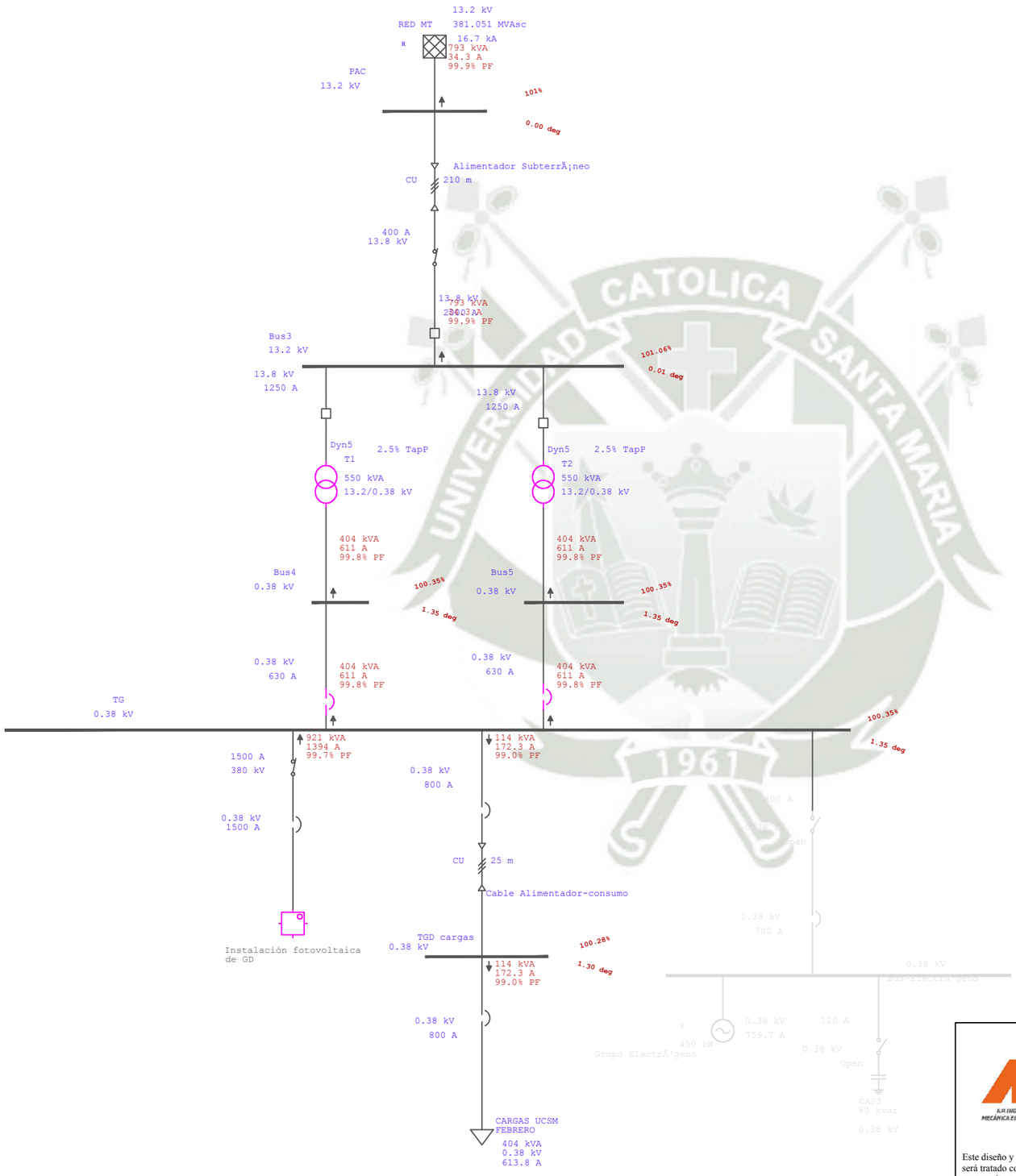
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Resumen de Totales de Generación, Carga, y Demanda

	kW	kvar	kVA	% FP	
Fuente (Barras tipo Swing):	-515.9	-4.5	515.9	100.00	Lagging
Fuente (Barras tipo No-Swing):	938.7	0.0	938.7	100.00	Lagging
Demanda Total:	422.8	-4.5	422.8	99.99	Leading
Total Carga Motor:	0.0	0.0	0.0	96.93	Lagging
Total Carga Estática:	395.2	-15.8	395.5	99.92	Leading
Total Cargas I Constante:	0.0	0.0	0.0		
Total Carga Genérica:	0.0	0.0	0.0		
Pérdidas Aparentes:	27.5	11.2			
Divergencia del Sistema:	0.0	0.0			

Número de Iteraciones: 1

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



	TITULO: FLUJO DE CARGA (BAJA CRÍTICA UCSM(FEBRERO)) CON SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA(ETAP)		
	ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01/01	
	NRO. DE PLANO: 001-001-004	FECHA: 01/04/2020	

Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.

Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Programa Analizador de Transitorios Eléctricos

Análisis Flujo de Carga

Categoría de Carga (3): Feb-Crític

Categoría de Generación (1): Diseño

Factor de Diversidad de Carga: Ninguno

	Barra Infinita	V-Control	Carga	Total
Número de Barras:	1	0	45	46

	XFMR2	XFMR3	Reactor	Línea/Cable	Impedancia	DP-Enlace	Total
Número de Ramales:	2	0	0	41	0	3	46

Método de Solución:	Método Newton-Raphson Adaptativo
No. de Iteración Máximo:	99
Precisión de Solución:	0.0001000
Frecuencia del Sistema:	60.00 Hz
Sistema de Unidades:	Metric
Nombre de Archivo de Proyecto:	COPIA DE PRUEBA10
Nombre Archivo de Salida:	C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap simulation\ucsm__proyectofinal\COPIAS\flujo1.lfr

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ajustes

Tolerancia	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Porcentaje
Impedancia Transformador:	Sí	Individual	
Impedancia de Reactor:	Sí	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		

Corrección de Temperatura	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Grados C
Resistencia de Línea de Transmisión:	Sí	Individual	
Resistencia de Cable:	Sí	Individual	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Informe Resumido de Alertas

	% Ajustes de Alerta	
	Crítico	Marginal
Carga		
Barra	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Línea	100.0	95.0
Transformador	100.0	95.0
Tabla	100.0	95.0
Dispositivo de Protección	100.0	95.0
Generador	100.0	95.0
Inversor /Cargador	100.0	95.0
Tensión de Barra		
Sobretensión	105.0	102.0
Baja Tensión	95.0	98.0
Excitación del Generador		
Sobreexcitado (Q Max.)	100.0	95.0
Subexcitación (Q Min.)	100.0	

Informe Marginal

ID de Dispositivo	Tipo	Condición	Clase/Límite	Unidad	Operativa	% Operativo	Tipo de Fase
BarraAC#100	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#101	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#102	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#103	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#104	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#105	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#106	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#107	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#108	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#109	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#110	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#111	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#112	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#113	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#114	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Informe Marginal

ID de Dispositivo	Tipo	Condición	Clase/Límite	Unidad	Operativa	% Operativo	Tipo de Fase
BarraAC#115	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
Barra-AC#3	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#78	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#79	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#80	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#81	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#82	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#83	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#84	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#85	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#86	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#87	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#88	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#89	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#90	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#91	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#92	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#93	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#94	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#95	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#96	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#97	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#98	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
BarraAC#99	Bus	Over Voltage	380.00	V	389.94	102.6	3-Phase
CB11	LV CB	Overload	630.00	Amp	611.00	97.0	3-Phase
CB12	LV CB	Overload	630.00	Amp	611.00	97.0	3-Phase
T1	Transformer	Overload	420.00	kVA	403.57	96.1	3-Phase
T2	Transformer	Overload	420.00	kVA	403.57	96.1	3-Phase

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

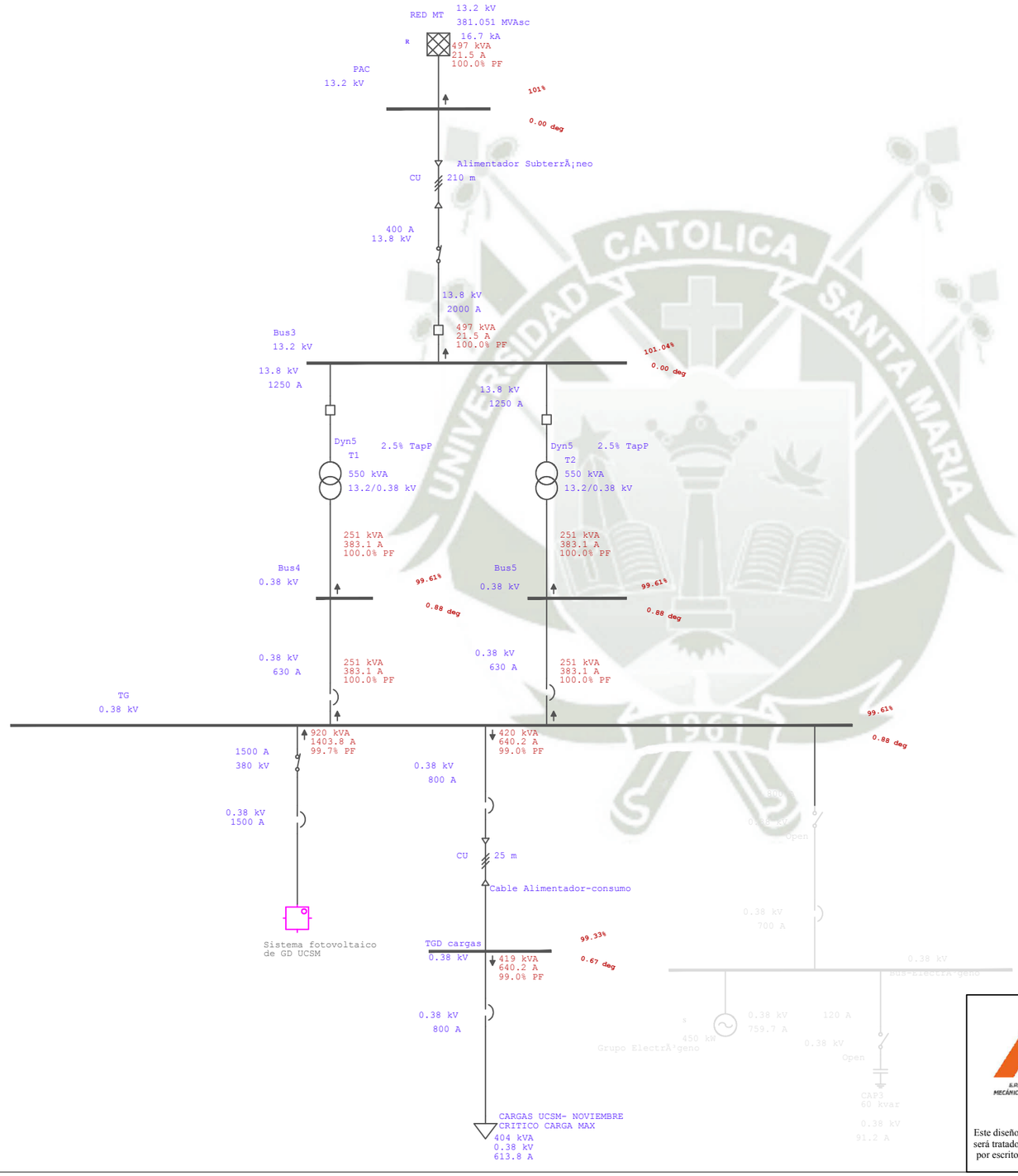
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Resumen de Totales de Generación, Carga, y Demanda

	kW	kvar	kVA	% FP	
Fuente (Barras tipo Swing):	-791.7	-35.5	792.5	99.90	Lagging
Fuente (Barras tipo No-Swing):	938.7	0.0	938.7	100.00	Lagging
Demanda Total:	146.9	-35.5	151.1	97.21	Leading
Total Carga Motor:	0.0	0.0	0.0	95.46	Lagging
Total Carga Estática:	112.6	-56.6	126.1	89.35	Leading
Total Cargas I Constante:	0.0	0.0	0.0		
Total Carga Genérica:	0.0	0.0	0.0		
Pérdidas Aparentes:	34.3	21.2			
Divergencia del Sistema:	0.0	0.0			

Número de Iteraciones: 1

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



	TITULO: FLUJO DE CARGA (ALTA CRÍTICA UCSM(NOVIEMBRE)) CON SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA(ETAP)		
	ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01/01	
	NRO. DE PLANO: 001-001-005	FECHA: 01/04/2020	

Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.

Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Programa Analizador de Transitorios Eléctricos

Análisis Flujo de Carga

Categoría de Carga (9): Nov-Critic

Categoría de Generación (1): Diseño

Factor de Diversidad de Carga: Ninguno

	Barra Infinita	V-Control	Carga	Total
Número de Barras:	1	0	45	46

	XFMR2	XFMR3	Reactor	Línea/Cable	Impedancia	DP-Enlace	Total
Número de Ramales:	2	0	0	41	0	3	46

Método de Solución:	Método Newton-Raphson Adaptativo
No. de Iteración Máximo:	99
Precisión de Solución:	0.0001000
Frecuencia del Sistema:	60.00 Hz
Sistema de Unidades:	Metric
Nombre de Archivo de Proyecto:	COPIA DE PRUEBA10
Nombre Archivo de Salida:	C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap simulation\ucsm__proyectofinal\COPIAS\flujo1.lfr

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ajustes

Tolerancia	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Porcentaje
Impedancia Transformador:	Sí	Individual	
Impedancia de Reactor:	Sí	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		

Corrección de Temperatura	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Grados C
Resistencia de Línea de Transmisión:	Sí	Individual	
Resistencia de Cable:	Sí	Individual	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Informe Resumido de Alertas

	% Ajustes de Alerta	
	Crítico	Marginal
Carga		
Barra	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Línea	100.0	95.0
Transformador	100.0	95.0
Tabla	100.0	95.0
Dispositivo de Protección	100.0	95.0
Generador	100.0	95.0
Inversor /Cargador	100.0	95.0
Tensión de Barra		
Sobretensión	105.0	102.0
Baja Tensión	95.0	98.0
Excitación del Generador		
Sobreexcitado (Q Max.)	100.0	95.0
Subexcitación (Q Min.)	100.0	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

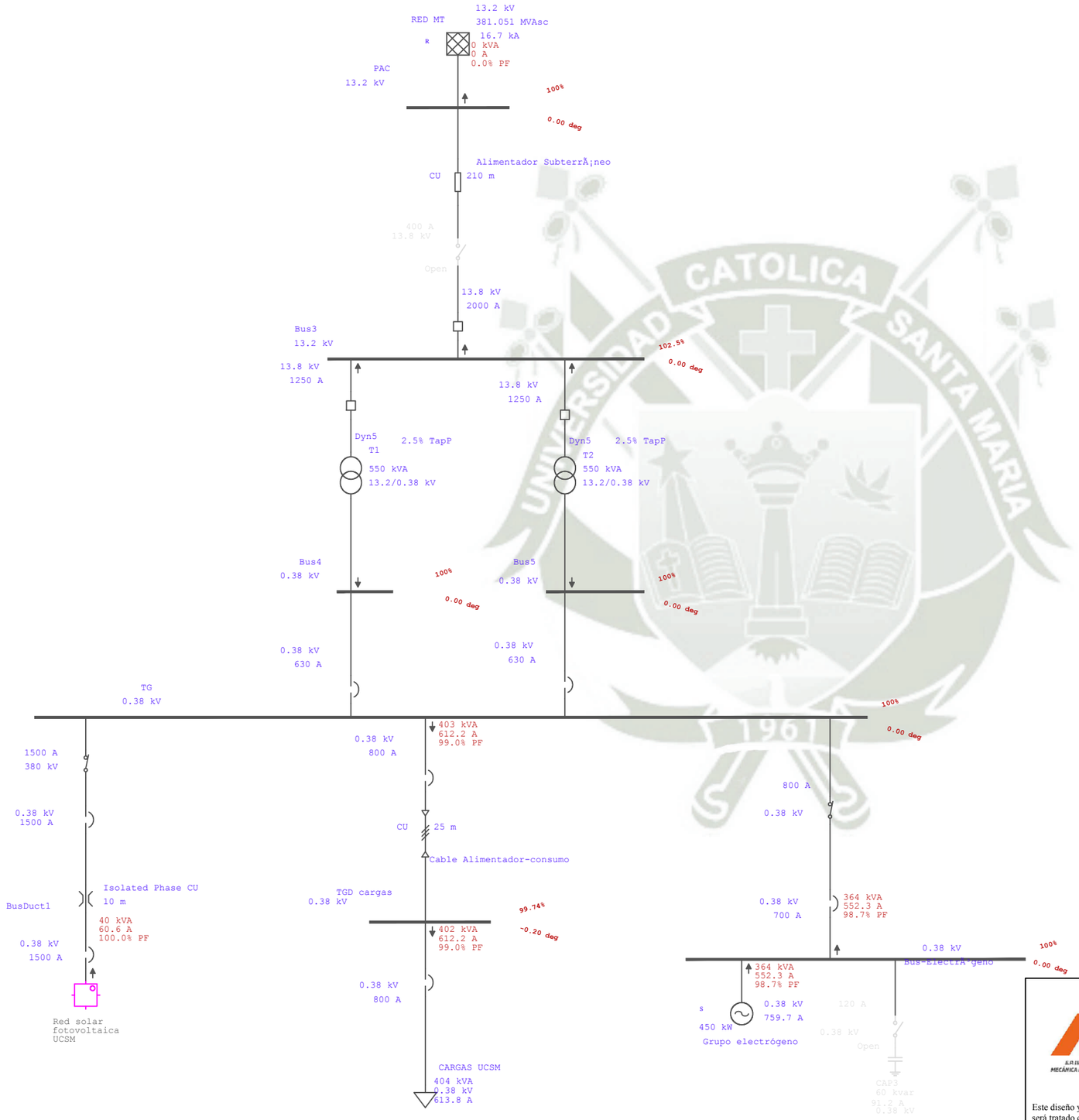
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Resumen de Totales de Generación, Carga, y Demanda

	kW	kvar	kVA	% FP	
Fuente (Barras tipo Swing):	-496.9	-2.2	497.0	100.00	Lagging
Fuente (Barras tipo No-Swing):	938.7	0.0	938.7	100.00	Lagging
Demanda Total:	441.7	-2.2	441.7	100.00	Leading
Total Carga Motor:	0.0	0.0	0.0	97.04	Lagging
Total Carga Estática:	414.5	-13.0	414.7	99.95	Leading
Total Cargas I Constante:	0.0	0.0	0.0		
Total Carga Genérica:	0.0	0.0	0.0		
Pérdidas Aparentes:	27.2	10.8			
Divergencia del Sistema:	0.0	0.0			

Número de Iteraciones: 1

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



	TITULO: FLUJO DE CARGA EN FUNCIONAMIENTO DE EMERGENCIA (GRUPO ELECTRÓGENO CON SISTEMA FOTOVOLTAICO 18:00 HORAS)		
	ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01/01	
	NRO. DE PLANO: 001-001-014	FECHA: 01/04/2020	

Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.

Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Informe Resumido de Alertas

	% Ajustes de Alerta	
	Crítico	Marginal
Carga		
Barra	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Línea	100.0	95.0
Transformador	100.0	95.0
Tabla	100.0	95.0
Dispositivo de Protección	100.0	95.0
Generador	100.0	95.0
Inversor /Cargador	100.0	95.0
Tensión de Barra		
Sobretensión	105.0	102.0
Baja Tensión	95.0	98.0
Excitación del Generador		
Sobreexcitado (Q Max.)	100.0	95.0
Subexcitación (Q Min.)	100.0	

Informe Marginal

ID de Dispositivo	Tipo	Condición	Clase/Límite	Unidad	Operativa	% Operativo	Tipo de Fase
Bus3	Bus	Over Voltage	13,200.00	V	13,530.00	102.5	3-Phase

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Resumen de Totales de Generación, Carga, y Demanda

	kW	kvar	kVA	% FP
Fuente (Barras tipo Swing):	358.9	57.6	363.5	98.74 Lagging
Fuente (Barras tipo No-Swing):	39.9	0.0	39.9	100.00 Lagging
Demanda Total:	398.8	57.6	403.0	98.97 Lagging
Total Carga Motor:	0.0	0.0	0.0	
Total Carga Estática:	397.9	56.1	401.9	99.02 Lagging
Total Cargas I Constante:	0.0	0.0	0.0	
Total Carga Genérica:	0.0	0.0	0.0	
Pérdidas Aparentes:	0.9	1.5		
Divergencia del Sistema:	0.0	0.0		

Número de Iteraciones: 1

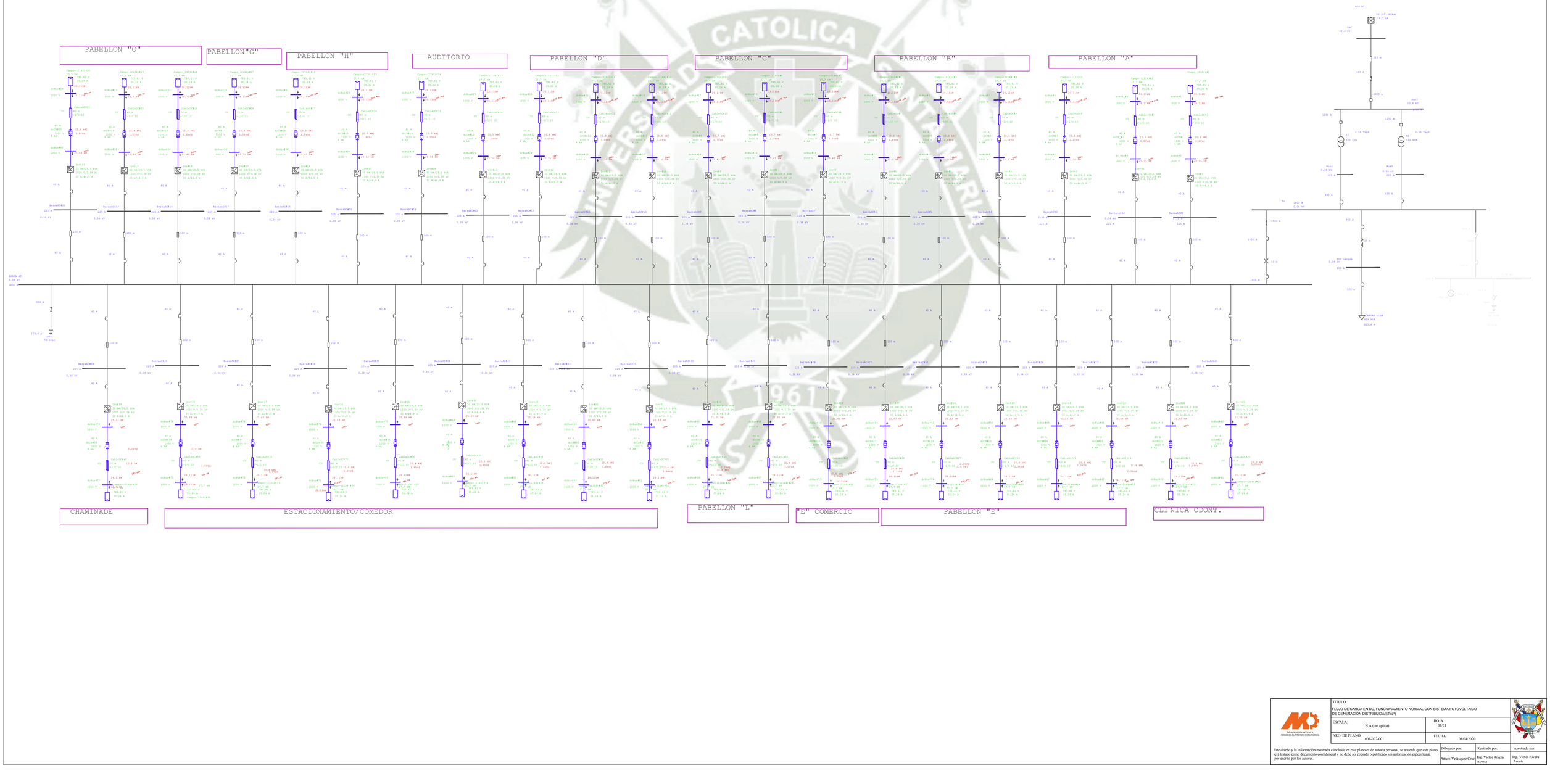
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO G: FLUJOS DE POTENCIA: REPORTES Y ESQUEMAS UNIFILARES, ANÁLISIS EN DC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



E.P. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y METALMECÁNICA	TITULO: FLUJO DE CARGA EN DC, FUNCIONAMIENTO NORMAL CON SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA(ETAP)		
	ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01/01	
	NRO. DE PLANO: 001-002-001	FECHA: 01/04/2020	
		Dibujado por: Arturo Velásquez Cruz	Revisado por: Ing. Victor Rivera Acosta
			Aprobado por: Ing. Victor Rivera Acosta

Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado sin autorización especificada por escrito por los autores.

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Programa Analizador de Transitorios Eléctricos

Análisis de Flujo de Carga CC

Categoría de Carga: Design

Carga de Inversor: Carga Operativa Utilizada

Factor de Diversidad de Carga: Carga Normal

	Reg. Tensión	Carga	Total
Número de Barras:	39	39	78

	Cargador	SAI	Inversor	Convertidor CC	Total
Número de Convertidores:	0	0	39	0	39

	Cable	Impedancia	DP-Enlace	Total
Número de Ramales:	39	0	0	39

	Batería	Arreglo FV
Número de Fuentes:	0	39

	Motor	Carga Estática	Carga Concentrada	CSD Compuesto	Total
Número de Cargas:	0	0	0	0	0

Método de Solución:	Método Newton-Raphson
No. de Iteraciones Max.:	99
Precisión de Solución:	0.0001000
Sistema de Unidades:	Metric
Archivo de Proyecto:	COPIA DE PRUEBA15
Archivo de Salida:	C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap simulation\ucsm__proyectofinal\COPIAS\Untitled.DL1

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Datos de Entrada de Barra

Barra		V Inicial		Carga Nominal (kW)		
ID	Tipo	Volt	% Mag.	kVA Constante	Z Constante	I Constante
dcBus#1	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#2	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus_#3	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#5	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#6	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#7	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#8	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#9	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#10	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#11	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#12	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#13	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#14	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#15	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#16	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#17	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#18	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#19	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#20	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#21	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#22	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#23	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#24	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#25	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#26	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#27	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#28	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#29	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#30	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#31	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#32	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#33	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#34	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#35	Carga	1000.00	100.0			-33.229

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Barra			V Inicial	Carga Nominal (kW)		
ID	Tipo	Volt	% Mag.	kVA Constante	Z Constante	I Constante
dcBus#36	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#37	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#38	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#39	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#40	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#41	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#42	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#43	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#44	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#45	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#46	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#47	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#48	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#49	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#50	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#51	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#52	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#53	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#54	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#55	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#56	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#57	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#58	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#59	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#60	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#61	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#62	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#63	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#64	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#65	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#66	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#67	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#68	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#69	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#70	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#71	Carga	1000.00	100.0			-33.229

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Barra			V Inicial	Carga Nominal (kW)		
ID	Tipo	Volt	% Mag.	kVA Constante	Z Constante	I Constante
dcBus#72	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#73	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#74	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#75	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#76	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dcBus#77	Carga	1000.00	100.0			-33.229
dcBus#78	Reg. Tensión	1000.00	100.0			
dc_Bus#4	Reg. Tensión	1000.00	100.0			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada del Cable

Cable	Barras Conectadas		Ohms o Micro H / 1000mpor Conductor				
ID	Origen	Destino	Longitud(m)	#/Fase	T (°C)	R	L
CableDC#1	dcBus#1	dcBus#2	190.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#10	dcBus#17	dcBus#18	240.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#11	dcBus#19	dcBus#20	265.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#12	dcBus#21	dcBus#22	265.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#13	dcBus#23	dcBus#24	265.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#14	dcBus#25	dcBus#26	180.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#15	dcBus#27	dcBus#28	180.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#16	dcBus#29	dcBus#30	165.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#17	dcBus#31	dcBus#32	165.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#18	dcBus#33	dcBus#34	135.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#19	dcBus#35	dcBus#36	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#20	dcBus#37	dcBus#38	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#21	dcBus#39	dcBus#40	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#22	dcBus#41	dcBus#42	85.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#23	dcBus#43	dcBus#44	85.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#24	dcBus#45	dcBus#46	200.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#25	dcBus#47	dcBus#48	200.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#26	dcBus#49	dcBus#50	200.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#27	dcBus#51	dcBus#52	200.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#28	dcBus#53	dcBus#54	200.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#29	dcBus#55	dcBus#56	170.0	1	75	1.86590	0.00
Cable-DC#3	dcBus_#3	dc_Bus#4	190.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#30	dcBus#57	dcBus#58	265.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#31	dcBus#59	dcBus#60	265.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#32	dcBus#61	dcBus#62	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#33	dcBus#63	dcBus#64	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#34	dcBus#65	dcBus#66	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#35	dcBus#67	dcBus#68	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#36	dcBus#69	dcBus#70	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#37	dcBus#71	dcBus#72	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#38	dcBus#73	dcBus#74	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#39	dcBus#75	dcBus#76	140.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#4	dcBus#5	dcBus#6	190.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#40	dcBus#77	dcBus#78	270.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#5	dcBus#7	dcBus#8	210.0	1	75	1.86590	0.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Cable	Barras Conectadas		Ohms o Micro H / 1000mpor Conductor				
ID	Origen	Destino	Longitud(m)	#/Fase	T (°C)	R	L
CableDC#6	dcBus#9	dcBus#10	210.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#7	dcBus#11	dcBus#12	210.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#8	dcBus#13	dcBus#14	240.0	1	75	1.86590	0.00
CableDC#9	dcBus#15	dcBus#16	240.0	1	75	1.86590	0.00

Resistencia de cable definida a la temperatura específica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ramal/Convertidor/Conexiones SAI

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		Impedancia	
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	(Ohm)	(%) 100 MVAb
CableDC#1	Cable	dcBus#1	dcBus#2	0.84566	13701.91
CableDC#4	Cable	dcBus#5	dcBus#6	0.84566	13701.91
CableDC#5	Cable	dcBus#7	dcBus#8	0.93468	15144.22
CableDC#6	Cable	dcBus#9	dcBus#10	0.93468	15144.22
CableDC#7	Cable	dcBus#11	dcBus#12	0.93468	15144.22
CableDC#8	Cable	dcBus#13	dcBus#14	1.06820	17307.68
CableDC#9	Cable	dcBus#15	dcBus#16	1.06820	17307.68
CableDC#10	Cable	dcBus#17	dcBus#18	1.06820	17307.68
CableDC#11	Cable	dcBus#19	dcBus#20	1.17947	19110.56
CableDC#12	Cable	dcBus#21	dcBus#22	1.17947	19110.56
CableDC#13	Cable	dcBus#23	dcBus#24	1.17947	19110.56
CableDC#14	Cable	dcBus#25	dcBus#26	0.80115	12980.76
CableDC#15	Cable	dcBus#27	dcBus#28	0.80115	12980.76
CableDC#16	Cable	dcBus#29	dcBus#30	0.73439	11899.03
CableDC#17	Cable	dcBus#31	dcBus#32	0.73439	11899.03
CableDC#18	Cable	dcBus#33	dcBus#34	0.60086	9735.57
CableDC#19	Cable	dcBus#35	dcBus#36	0.62312	10096.15
CableDC#20	Cable	dcBus#37	dcBus#38	0.62312	10096.15
CableDC#21	Cable	dcBus#39	dcBus#40	0.62312	10096.15
CableDC#22	Cable	dcBus#41	dcBus#42	0.37832	6129.80
CableDC#23	Cable	dcBus#43	dcBus#44	0.37832	6129.80
CableDC#24	Cable	dcBus#45	dcBus#46	0.89017	14423.07
CableDC#25	Cable	dcBus#47	dcBus#48	0.89017	14423.07
CableDC#26	Cable	dcBus#49	dcBus#50	0.89017	14423.07
CableDC#27	Cable	dcBus#51	dcBus#52	0.89017	14423.07
CableDC#28	Cable	dcBus#53	dcBus#54	0.89017	14423.07
CableDC#29	Cable	dcBus#55	dcBus#56	0.75664	12259.61
CableDC#30	Cable	dcBus#57	dcBus#58	1.17947	19110.56
CableDC#31	Cable	dcBus#59	dcBus#60	1.17947	19110.56
CableDC#32	Cable	dcBus#61	dcBus#62	0.62312	10096.15
CableDC#33	Cable	dcBus#63	dcBus#64	0.62312	10096.15
CableDC#34	Cable	dcBus#65	dcBus#66	0.62312	10096.15
CableDC#35	Cable	dcBus#67	dcBus#68	0.62312	10096.15
CableDC#36	Cable	dcBus#69	dcBus#70	0.62312	10096.15

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		Impedancia	
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	(Ohm)	(%) 100 MVAb
CableDC#37	Cable	dcBus#71	dcBus#72	0.62312	10096.15
CableDC#38	Cable	dcBus#73	dcBus#74	0.62312	10096.15
CableDC#39	Cable	dcBus#75	dcBus#76	0.62312	10096.15
CableDC#40	Cable	dcBus#77	dcBus#78	1.20173	19471.14
Cable-DC#3	Cable	dcBus_#3	dc_Bus#4	0.84566	13701.91
Inv#1	Inverter	dcBus#2	BarraAC#1		
Inv-#2	Inverter	dc_Bus#4	Barra-AC#2		
Inv#3	Inverter	dcBus#6	BarraAC#3		
Inv#4	Inverter	dcBus#8	BarraAC#4		
Inv#5	Inverter	dcBus#10	BarraAC#5		
Inv#6	Inverter	dcBus#12	BarraAC#6		
Inv#7	Inverter	dcBus#14	BarraAC#7		
Inv#8	Inverter	dcBus#16	BarraAC#8		
Inv#9	Inverter	dcBus#18	BarraAC#9		
Inv#10	Inverter	dcBus#20	BarraAC#10		
Inv#11	Inverter	dcBus#22	BarraAC#11		
Inv#12	Inverter	dcBus#24	BarraAC#12		
Inv#13	Inverter	dcBus#26	BarraAC#13		
Inv#14	Inverter	dcBus#28	BarraAC#14		
Inv#15	Inverter	dcBus#30	BarraAC#15		
Inv#16	Inverter	dcBus#32	BarraAC#16		
Inv#17	Inverter	dcBus#34	BarraAC#17		
Inv#18	Inverter	dcBus#36	BarraAC#18		
Inv#19	Inverter	dcBus#38	BarraAC#19		
Inv#20	Inverter	dcBus#40	BarraAC#20		
Inv#21	Inverter	dcBus#42	BarraAC#21		
Inv#22	Inverter	dcBus#44	BarraAC#22		
Inv#23	Inverter	dcBus#46	BarraAC#23		
Inv#24	Inverter	dcBus#48	BarraAC#24		
Inv#25	Inverter	dcBus#50	BarraAC#25		
Inv#26	Inverter	dcBus#52	BarraAC#26		
Inv#27	Inverter	dcBus#54	BarraAC#27		
Inv#28	Inverter	dcBus#56	BarraAC#28		
Inv#29	Inverter	dcBus#58	BarraAC#29		
Inv#30	Inverter	dcBus#60	BarraAC#30		
Inv#31	Inverter	dcBus#62	BarraAC#31		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		Impedancia	
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	(Ohm)	(%) 100 MVAb
Inv#32	Inverter	dcBus#64	BarraAC#32		
Inv#33	Inverter	dcBus#66	BarraAC#33		
Inv#34	Inverter	dcBus#68	BarraAC#34		
Inv#35	Inverter	dcBus#70	BarraAC#35		
Inv#36	Inverter	dcBus#72	BarraAC#36		
Inv#37	Inverter	dcBus#74	BarraAC#37		
Inv#38	Inverter	dcBus#76	BarraAC#38		
Inv#39	Inverter	dcBus#78	BarraAC#39		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Inversor

	Parámetros de Clase					Parámetros Oper.						
	Características CA		DC					MPPT				
Inversor ID	Nominal kVA	Nominal kV	Potencia kW	V	FLA	Modo	CargakW	MPPT at	V Ini %	Min V %	Max V %	Paso %
Inv#1	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv-#2	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#3	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#4	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#5	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#6	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#7	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#8	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#9	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#10	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#11	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#12	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#13	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#14	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#15	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#16	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#17	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#18	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#19	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#20	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#21	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#22	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#23	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#24	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#25	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#26	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#27	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#28	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#29	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#30	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#31	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#32	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#33	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#34	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#35	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#36	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#37	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#38	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				
Inv#39	29.55	0.38	30.00	1000.00	30.00	Inversor FV		Arreglo FV				

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Arreglo FV

Arreglo FV				Parámetros del Cuadro					Conexión		Coeficientes de Ajuste		
ID	Energía kW	Vmp Volt	Imp Amp	Energía Vatio	Vmp Volt	Imp Amp	Voc Volt	Isc Amp	Serie	Paralelo	Isc Alfa % / °C	Beta Voc % / °C	Delta Voc
Campo-(21X4)#1	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo_(21X4)#2	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#3	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#4	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#5	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#6	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#7	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#8	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#9	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#10	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#11	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#12	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#13	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#14	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#15	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#16	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#17	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#18	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#19	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#20	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#21	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#22	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#23	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#24	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#25	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#26	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#27	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#28	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#29	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#30	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#31	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#32	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#33	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#34	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#35	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#36	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#37	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#38	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100
Campo-(21X4)#39	27.68	785.61	35.24	329.58	37.41	8.81	46.23	9.33	21	4	0.0670	-0.3300	0.0100

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Modelo de Curva de Arreglo FV

Arreglo FV	Librería de Modelos de Curvas			
ID	Fabricante	Modelo	Tamaño	Max Vcc

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Informe de Flujo de Carga

Barra			V Op.	Fuente	Carga (kW)			Flujo de Carga		
ID	Tipo	V	%	kW	kVA Const.	Z Const.	I Const.	ID Barra Destino	kW	Amp
dcBus#1	Carga	1000.0	102.2	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#2	26.105	25.553
								Campo-(21X4)#1	-26.105	-25.553
dcBus#2	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.55	0.00	0.00	dcBus#1	-25.553	-25.553
								Inv#1	25.553	25.553
dcBus_#3	Carga	1000.0	102.2	26.105	0.00	0.00	0.00	dc_Bus#4	26.105	25.553
								Campo_(21X4)#2	-26.105	-25.553
dcBus#5	Carga	1000.0	102.2	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#6	26.105	25.553
								Campo-(21X4)#3	-26.105	-25.553
dcBus#6	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.55	0.00	0.00	dcBus#5	-25.553	-25.553
								Inv#3	25.553	25.553
dcBus#7	Carga	1000.0	102.4	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#8	26.105	25.498
								Campo-(21X4)#4	-26.105	-25.498
dcBus#8	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.50	0.00	0.00	dcBus#7	-25.498	-25.498
								Inv#4	25.498	25.498
dcBus#9	Carga	1000.0	102.4	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#10	26.105	25.498
								Campo-(21X4)#5	-26.105	-25.498
dcBus#10	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.50	0.00	0.00	dcBus#9	-25.498	-25.498
								Inv#5	25.498	25.498
dcBus#11	Carga	1000.0	102.4	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#12	26.105	25.498
								Campo-(21X4)#6	-26.105	-25.498
dcBus#12	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.50	0.00	0.00	dcBus#11	-25.498	-25.498
								Inv#6	25.498	25.498
dcBus#13	Carga	1000.0	102.7	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#14	26.105	25.415
								Campo-(21X4)#7	-26.105	-25.415

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Barra			V Op.	Fuente	Carga (kW)			Flujo de Carga		
ID	Tipo	V	%	kW	kVA Const.	Z Const.	I Const.	ID Barra Destino	kW	Amp
dcBus#14	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.42	0.00	0.00	dcBus#13	-25.415	-25.415
								Inv#7	25.415	25.415
dcBus#15	Carga	1000.0	102.7	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#16	26.105	25.415
								Campo-(21X4)#8	-26.105	-25.415
dcBus#16	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.42	0.00	0.00	dcBus#15	-25.415	-25.415
								Inv#8	25.415	25.415
dcBus#17	Carga	1000.0	102.7	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#18	26.105	25.415
								Campo-(21X4)#9	-26.105	-25.415
dcBus#18	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.42	0.00	0.00	dcBus#17	-25.415	-25.415
								Inv#9	25.415	25.415
dcBus#19	Carga	1000.0	103.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#20	26.105	25.347
								Campo-(21X4)#10	-26.105	-25.347
dcBus#20	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.35	0.00	0.00	dcBus#19	-25.347	-25.347
								Inv#10	25.347	25.347
dcBus#21	Carga	1000.0	103.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#22	26.105	25.347
								Campo-(21X4)#11	-26.105	-25.347
dcBus#22	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.35	0.00	0.00	dcBus#21	-25.347	-25.347
								Inv#11	25.347	25.347
dcBus#23	Carga	1000.0	103.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#24	26.105	25.347
								Campo-(21X4)#12	-26.105	-25.347
dcBus#24	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.35	0.00	0.00	dcBus#23	-25.347	-25.347
								Inv#12	25.347	25.347
dcBus#25	Carga	1000.0	102.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#26	26.105	25.581
								Campo-(21X4)#13	-26.105	-25.581
dcBus#26	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.58	0.00	0.00	dcBus#25	-25.581	-25.581
								Inv#13	25.581	25.581

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Barra			V Op.	Fuente	Carga (kW)			Flujo de Carga		
ID	Tipo	V	%	kW	kVA Const.	Z Const.	I Const.	ID Barra Destino	kW	Amp
dcBus#27	Carga	1000.0	102.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#28	26.105	25.581
								Campo-(21X4)#14	-26.105	-25.581
dcBus#28	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.58	0.00	0.00	dcBus#27	-25.581	-25.581
								Inv#14	25.581	25.581
dcBus#29	Carga	1000.0	101.9	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#30	26.105	25.623
								Campo-(21X4)#15	-26.105	-25.623
dcBus#30	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.62	0.00	0.00	dcBus#29	-25.623	-25.623
								Inv#15	25.623	25.623
dcBus#31	Carga	1000.0	101.9	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#32	26.105	25.623
								Campo-(21X4)#16	-26.105	-25.623
dcBus#32	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.62	0.00	0.00	dcBus#31	-25.623	-25.623
								Inv#16	25.623	25.623
dcBus#33	Carga	1000.0	101.5	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#34	26.105	25.708
								Campo-(21X4)#17	-26.105	-25.708
dcBus#34	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.71	0.00	0.00	dcBus#33	-25.708	-25.708
								Inv#17	25.708	25.708
dcBus#35	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#36	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#18	-26.105	-25.694
dcBus#36	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#35	-25.694	-25.694
								Inv#18	25.694	25.694
dcBus#37	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#38	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#19	-26.105	-25.694
dcBus#38	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#37	-25.694	-25.694
								Inv#19	25.694	25.694
dcBus#39	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#40	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#20	-26.105	-25.694

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Barra			V Op.	Fuente	Carga (kW)			Flujo de Carga		
ID	Tipo	V	%	kW	kVA Const.	Z Const.	I Const.	ID Barra Destino	kW	Amp
dcBus#40	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#39	-25.694	-25.694
								Inv#20	25.694	25.694
dcBus#41	Carga	1000.0	101.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#42	26.105	25.852
								Campo-(21X4)#21	-26.105	-25.852
dcBus#42	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.85	0.00	0.00	dcBus#41	-25.852	-25.852
								Inv#21	25.852	25.852
dcBus#43	Carga	1000.0	101.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#44	26.105	25.852
								Campo-(21X4)#22	-26.105	-25.852
dcBus#44	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.85	0.00	0.00	dcBus#43	-25.852	-25.852
								Inv#22	25.852	25.852
dcBus#45	Carga	1000.0	102.3	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#46	26.105	25.525
								Campo-(21X4)#23	-26.105	-25.525
dcBus#46	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.53	0.00	0.00	dcBus#45	-25.525	-25.525
								Inv#23	25.525	25.525
dcBus#47	Carga	1000.0	102.3	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#48	26.105	25.525
								Campo-(21X4)#24	-26.105	-25.525
dcBus#48	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.53	0.00	0.00	dcBus#47	-25.525	-25.525
								Inv#24	25.525	25.525
dcBus#49	Carga	1000.0	102.3	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#50	26.105	25.525
								Campo-(21X4)#25	-26.105	-25.525
dcBus#50	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.53	0.00	0.00	dcBus#49	-25.525	-25.525
								Inv#25	25.525	25.525
dcBus#51	Carga	1000.0	102.3	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#52	26.105	25.525
								Campo-(21X4)#26	-26.105	-25.525
dcBus#52	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.53	0.00	0.00	dcBus#51	-25.525	-25.525
								Inv#26	25.525	25.525

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Barra			V Op.	Fuente	Carga (kW)			Flujo de Carga		
ID	Tipo	V	%	kW	kVA Const.	Z Const.	I Const.	ID Barra Destino	kW	Amp
dcBus#53	Carga	1000.0	102.3	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#54	26.105	25.525
								Campo-(21X4)#27	-26.105	-25.525
dcBus#54	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.53	0.00	0.00	dcBus#53	-25.525	-25.525
								Inv#27	25.525	25.525
dcBus#55	Carga	1000.0	101.9	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#56	26.105	25.609
								Campo-(21X4)#28	-26.105	-25.609
dcBus#56	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.61	0.00	0.00	dcBus#55	-25.609	-25.609
								Inv#28	25.609	25.609
dcBus#57	Carga	1000.0	103.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#58	26.105	25.347
								Campo-(21X4)#29	-26.105	-25.347
dcBus#58	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.35	0.00	0.00	dcBus#57	-25.347	-25.347
								Inv#29	25.347	25.347
dcBus#59	Carga	1000.0	103.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#60	26.105	25.347
								Campo-(21X4)#30	-26.105	-25.347
dcBus#60	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.35	0.00	0.00	dcBus#59	-25.347	-25.347
								Inv#30	25.347	25.347
dcBus#61	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#62	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#31	-26.105	-25.694
dcBus#62	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#61	-25.694	-25.694
								Inv#31	25.694	25.694
dcBus#63	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#64	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#32	-26.105	-25.694
dcBus#64	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#63	-25.694	-25.694
								Inv#32	25.694	25.694
dcBus#65	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#66	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#33	-26.105	-25.694

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Barra			V Op.	Fuente	Carga (kW)			Flujo de Carga		
ID	Tipo	V	%	kW	kVA Const.	Z Const.	I Const.	ID Barra Destino	kW	Amp
dcBus#66	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#65	-25.694	-25.694
								Inv#33	25.694	25.694
dcBus#67	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#68	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#34	-26.105	-25.694
dcBus#68	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#67	-25.694	-25.694
								Inv#34	25.694	25.694
dcBus#69	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#70	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#35	-26.105	-25.694
dcBus#70	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#69	-25.694	-25.694
								Inv#35	25.694	25.694
dcBus#71	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#72	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#36	-26.105	-25.694
dcBus#72	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#71	-25.694	-25.694
								Inv#36	25.694	25.694
dcBus#73	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#74	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#37	-26.105	-25.694
dcBus#74	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#73	-25.694	-25.694
								Inv#37	25.694	25.694
dcBus#75	Carga	1000.0	101.6	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#76	26.105	25.694
								Campo-(21X4)#38	-26.105	-25.694
dcBus#76	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.69	0.00	0.00	dcBus#75	-25.694	-25.694
								Inv#38	25.694	25.694
dcBus#77	Carga	1000.0	103.0	26.105	0.00	0.00	0.00	dcBus#78	26.105	25.334
								Campo-(21X4)#39	-26.105	-25.334
dcBus#78	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.33	0.00	0.00	dcBus#77	-25.334	-25.334
								Inv#39	25.334	25.334

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Barra			V Op.	Fuente	Carga (kW)			Flujo de Carga		
ID	Tipo	V	%	kW	kVA Const.	Z Const.	I Const.	ID Barra Destino	kW	Amp
dc_Bus#4	Reg. Tensión	1000.0	100.0	0	25.55	0.00	0.00	dcBus_#3	-25.553	-25.553
								Inv-#2	25.553	25.553

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Informe Resumen de Flujos de Barra

Ramal		ID Barra Conectada		Flujo de Ramal				% Tensión Barra		
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	(kW) Origen-Destino	(kW) Destino-Origen	(kW) Pérdidas	Amp	Barra Origen	Barra Destino	% Vd
CableDC#1	Cable	dcBus#1	dcBus#2	26.105	-25.553	0.552	25.553	102.16	100.00	2.16
CableDC#4	Cable	dcBus#5	dcBus#6	26.105	-25.553	0.552	25.553	102.16	100.00	2.16
CableDC#5	Cable	dcBus#7	dcBus#8	26.105	-25.498	0.608	25.498	102.38	100.00	2.38
CableDC#6	Cable	dcBus#9	dcBus#10	26.105	-25.498	0.608	25.498	102.38	100.00	2.38
CableDC#7	Cable	dcBus#11	dcBus#12	26.105	-25.498	0.608	25.498	102.38	100.00	2.38
CableDC#8	Cable	dcBus#13	dcBus#14	26.105	-25.415	0.690	25.415	102.71	100.00	2.71
CableDC#9	Cable	dcBus#15	dcBus#16	26.105	-25.415	0.690	25.415	102.71	100.00	2.71
CableDC#10	Cable	dcBus#17	dcBus#18	26.105	-25.415	0.690	25.415	102.71	100.00	2.71
CableDC#11	Cable	dcBus#19	dcBus#20	26.105	-25.347	0.758	25.347	102.99	100.00	2.99
CableDC#12	Cable	dcBus#21	dcBus#22	26.105	-25.347	0.758	25.347	102.99	100.00	2.99
CableDC#13	Cable	dcBus#23	dcBus#24	26.105	-25.347	0.758	25.347	102.99	100.00	2.99
CableDC#14	Cable	dcBus#25	dcBus#26	26.105	-25.581	0.524	25.581	102.05	100.00	2.05
CableDC#15	Cable	dcBus#27	dcBus#28	26.105	-25.581	0.524	25.581	102.05	100.00	2.05
CableDC#16	Cable	dcBus#29	dcBus#30	26.105	-25.623	0.482	25.623	101.88	100.00	1.88
CableDC#17	Cable	dcBus#31	dcBus#32	26.105	-25.623	0.482	25.623	101.88	100.00	1.88
CableDC#18	Cable	dcBus#33	dcBus#34	26.105	-25.708	0.397	25.708	101.54	100.00	1.54
CableDC#19	Cable	dcBus#35	dcBus#36	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#20	Cable	dcBus#37	dcBus#38	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#21	Cable	dcBus#39	dcBus#40	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#22	Cable	dcBus#41	dcBus#42	26.105	-25.852	0.253	25.852	100.98	100.00	0.98
CableDC#23	Cable	dcBus#43	dcBus#44	26.105	-25.852	0.253	25.852	100.98	100.00	0.98
CableDC#24	Cable	dcBus#45	dcBus#46	26.105	-25.525	0.580	25.525	102.27	100.00	2.27
CableDC#25	Cable	dcBus#47	dcBus#48	26.105	-25.525	0.580	25.525	102.27	100.00	2.27
CableDC#26	Cable	dcBus#49	dcBus#50	26.105	-25.525	0.580	25.525	102.27	100.00	2.27
CableDC#27	Cable	dcBus#51	dcBus#52	26.105	-25.525	0.580	25.525	102.27	100.00	2.27
CableDC#28	Cable	dcBus#53	dcBus#54	26.105	-25.525	0.580	25.525	102.27	100.00	2.27
CableDC#29	Cable	dcBus#55	dcBus#56	26.105	-25.609	0.496	25.609	101.94	100.00	1.94
CableDC#30	Cable	dcBus#57	dcBus#58	26.105	-25.347	0.758	25.347	102.99	100.00	2.99
CableDC#31	Cable	dcBus#59	dcBus#60	26.105	-25.347	0.758	25.347	102.99	100.00	2.99
CableDC#32	Cable	dcBus#61	dcBus#62	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#33	Cable	dcBus#63	dcBus#64	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#34	Cable	dcBus#65	dcBus#66	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#35	Cable	dcBus#67	dcBus#68	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ramal		ID Barra Conectada		Flujo de Ramal				% Tensión Barra		
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	(kW) Origen-Destino	(kW) Destino-Origen	(kW) Pérdidas	Amp	Barra Origen	Barra Destino	% Vd
CableDC#36	Cable	dcBus#69	dcBus#70	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#37	Cable	dcBus#71	dcBus#72	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#38	Cable	dcBus#73	dcBus#74	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#39	Cable	dcBus#75	dcBus#76	26.105	-25.694	0.411	25.694	101.60	100.00	1.60
CableDC#40	Cable	dcBus#77	dcBus#78	26.105	-25.334	0.771	25.334	103.04	100.00	3.04
Cable-DC#3	Cable	dcBus_#3	dc_Bus#4	26.105	-25.553	0.552	25.553	102.16	100.00	2.16

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Informe Resumen de Barras con Sobretensiones

Barras con Sobretensión- Límite crítico =105 % - Límite marginal =102 %

Barra		V Operativo		Barra		V Operativo	
ID	V	% Mag	V	ID	V	% Mag	V
# dcBus#1	1000.00	102.16	1021.61	# dcBus_#3	1000.00	102.16	1021.61
# dcBus#5	1000.00	102.16	1021.61	# dcBus#7	1000.00	102.38	1023.83
# dcBus#9	1000.00	102.38	1023.83	# dcBus#11	1000.00	102.38	1023.83
# dcBus#13	1000.00	102.71	1027.15	# dcBus#15	1000.00	102.71	1027.15
# dcBus#17	1000.00	102.71	1027.15	# dcBus#19	1000.00	102.99	1029.90
# dcBus#21	1000.00	102.99	1029.90	# dcBus#23	1000.00	102.99	1029.90
# dcBus#25	1000.00	102.05	1020.49	# dcBus#27	1000.00	102.05	1020.49
# dcBus#45	1000.00	102.27	1022.72	# dcBus#47	1000.00	102.27	1022.72
# dcBus#49	1000.00	102.27	1022.72	# dcBus#51	1000.00	102.27	1022.72
# dcBus#53	1000.00	102.27	1022.72	# dcBus#57	1000.00	102.99	1029.90
# dcBus#59	1000.00	102.99	1029.90	# dcBus#77	1000.00	103.04	1030.44

* Indica tensiones de barra violan el límite crítico
Indicatensiones de barra violan el límite marginal

Informe Resumen de Barras con Baja Tensión

Barras con Baja Tensión- Límite crítico =95 % - Límite marginal =98 %

Barra		V Operativo		Barra		V Operativo	
ID	V	% Mag	V	ID	V	% Mag	V

* Indica tensiones de barra violan el límite crítico
Indicatensiones de barra violan el límite marginal

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

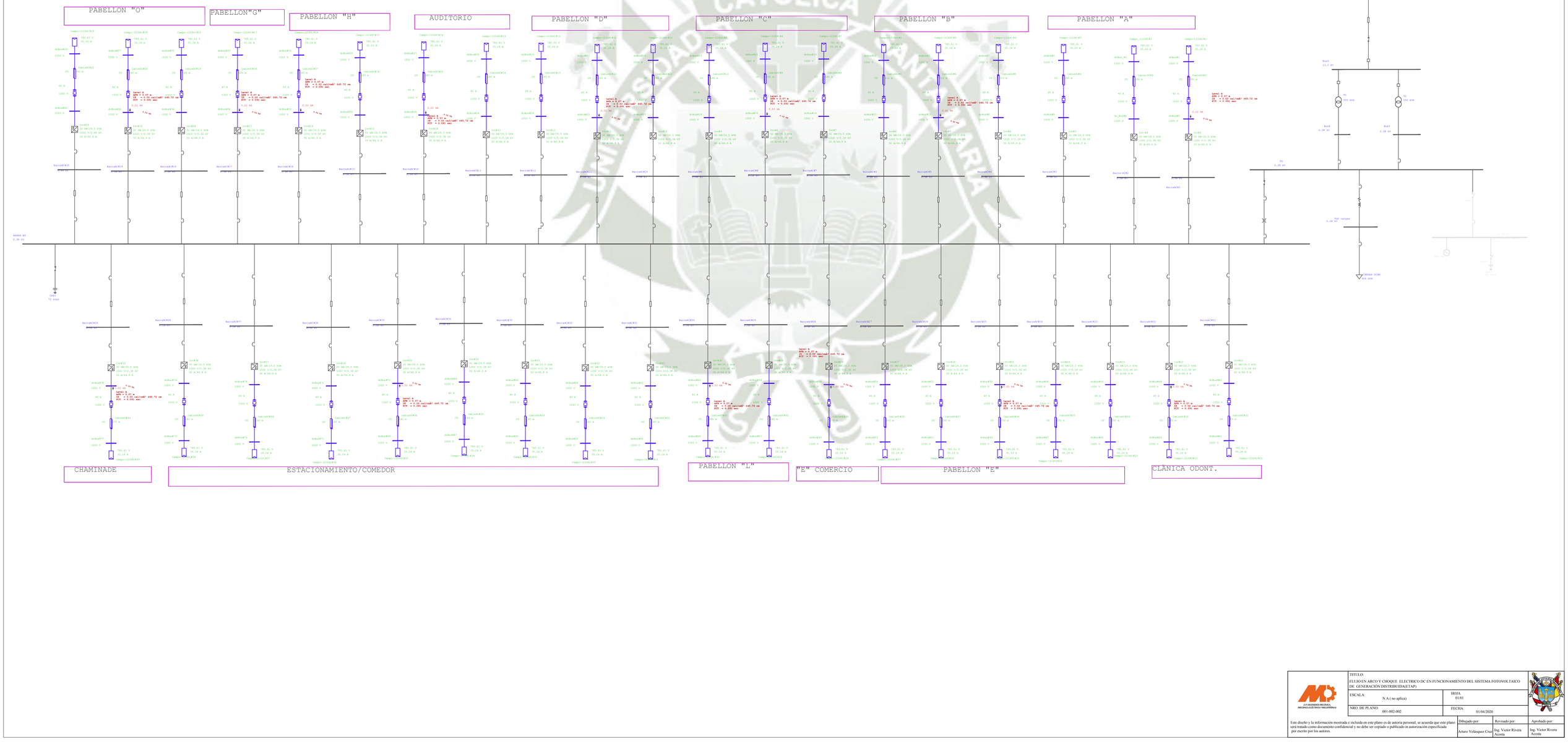
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Resumen de Totales de Fuentes y Demandas

Fuente Cargador/SAI:	0.00	kW
Fuente Batería:	1018.11	kW
Total Fuente:	1,018.11	kW
Total Carga Motor:	997.16	kW
Total Carga Estática:	0.00	kW
Total Corriente de Carga:	0.00	kW
Demanda Total:	997.16	kW
Pérdidas Totales:	20.95	kW
Divergencia del Sistema:	0.00	
Número de Iteraciones:	4	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



	TITULO: FLUJO EN ARCO Y CHOQUE ELECTRICO DC EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA(TAP)		
A.R. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA-ELECTRICA Y MECATRÓNICA	ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01.01	
	NRO. DE PLANO: 001-002-002	FECHA: 01/04/2020	
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.	Dibujado por: Arturo Velásquez Cruz	Revisado por: Ing. Victor Rivera Acosta	Aprobado por: Ing. Victor Rivera Acosta

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Resumen - Cálculos de Peligro por Descarga de Arco CC

Falta en Barra				Corriente de Falta								
ID	kV Nom.	Tipo Equipo	Brecha	Falta Franca (kA) Barra	DP	PD Falta de Arco	ID Fuente de Disparo	FCT Total (segundos)	Arco Eléct Límite (m)	Incidente Energía(cal/cm²)	Trabajo Distancia (cm)	Energia Nivel
dcBus#1	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#2	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus_#3	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#5	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#6	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#7	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#8	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#9	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#10	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#11	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#12	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#13	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#14	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#15	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#16	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#17	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#18	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#19	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#20	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#21	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#22	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#23	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#24	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#25	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#26	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#27	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#28	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#29	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#30	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#31	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#32	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#33	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#34	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#35	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Resumen - Cálculos de Peligro por Descarga de Arco CC

Falta en Barra				Corriente de Falta								
ID	kV Nom.	Tipo Equipo	Brecha	Falta Franca (kA) Barra	DP	PD Falta de Arco	ID Fuente de Disparo	FCT Total (segundos)	Arco Eléct Límite (m)	Incidente Energía(cal/cm²)	Trabajo Distancia (cm)	Energia Nivel
dcBus#36	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#37	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#38	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#39	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#40	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#41	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#42	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#43	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#44	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#45	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#46	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#47	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#48	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#49	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#50	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#51	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#52	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#53	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#54	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#55	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#56	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#57	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#58	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#59	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#60	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#61	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#62	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#63	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#64	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#65	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#66	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#67	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#68	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#69	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Resumen - Cálculos de Peligro por Descarga de Arco CC

	Falta en Barra			Corriente de Falta								
ID	kV Nom.	Tipo Equipo	Brecha	Falta Franca (kA) Barra	DP	PD Falta de Arco	ID Fuente de Disparo	FCT Total (segundos)	Arco Eléct Límite (m)	Incidente Energía(cal/cm²)	Trabajo Distancia (cm)	Energia Nivel
dcBus#70	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#71	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#72	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#73	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#74	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#75	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#76	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#77	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dcBus#78	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A
dc_Bus#4	1.000	Junction Box	20	0.037				0.091	0.07	0.024	45.72	Level A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dc_Bus#4** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#1** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#10** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#11** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#12** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#13** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#14** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#15** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#16** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#17** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#18** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	0.0
Arc Flash Boundary	0.07 m

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection 1000 Vdc

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	1.07 m
Restricted Approach Boundary	0.31 m
Prohibited Approach Boundary	0.03 m
PPE Glove Class	0
V-Rating	1500 Vdc

Equipment **dcBus#19** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#2** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#20** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#21**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#22**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#23** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#24** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#25** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#26** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²) 0.0

Arc Flash Boundary 0.07 m

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection 1000 Vdc

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary 1.07 m

Restricted Approach Boundary 0.31 m

Prohibited Approach Boundary 0.03 m

PPE Glove Class 0

V-Rating 1500 Vdc

Equipment dcBus#27
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1

Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz

Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²) 0.0

Arc Flash Boundary 0.07 m

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection 1000 Vdc

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary 1.07 m

Restricted Approach Boundary 0.31 m

Prohibited Approach Boundary 0.03 m

PPE Glove Class 0

V-Rating 1500 Vdc

Equipment dcBus#28
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1

Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz

Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#29**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#30**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#31**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#32**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²) **0.0**

Arc Flash Boundary **0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary **1.07 m**

Restricted Approach Boundary **0.31 m**

Prohibited Approach Boundary **0.03 m**

PPE Glove Class **0**

V-Rating **1500 Vdc**

Equipment **dcBus#33**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²) 0.0

Arc Flash Boundary 0.07 m

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection 1000 Vdc

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary 1.07 m

Restricted Approach Boundary 0.31 m

Prohibited Approach Boundary 0.03 m

PPE Glove Class 0

V-Rating 1500 Vdc

Equipment **dcBus#34**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#35** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#36** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#37**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#38**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#39** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#40** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#41** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#42** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²) **0.0**

Arc Flash Boundary **0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary **1.07 m**

Restricted Approach Boundary **0.31 m**

Prohibited Approach Boundary **0.03 m**

PPE Glove Class **0**

V-Rating **1500 Vdc**

Equipment **dcBus#43**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²) 0.0

Arc Flash Boundary 0.07 m

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection 1000 Vdc

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary 1.07 m

Restricted Approach Boundary 0.31 m

Prohibited Approach Boundary 0.03 m

PPE Glove Class 0

V-Rating 1500 Vdc

Equipment **dcBus#44**
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1 | Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz | Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#45** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#46** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#47** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#48** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²) 0.0

Arc Flash Boundary 0.07 m

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection 1000 Vdc

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary 1.07 m

Restricted Approach Boundary 0.31 m

Prohibited Approach Boundary 0.03 m

PPE Glove Class 0

V-Rating 1500 Vdc

Equipment dcBus#49
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1

Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz

Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²) 0.0

Arc Flash Boundary 0.07 m

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection 1000 Vdc

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary 1.07 m

Restricted Approach Boundary 0.31 m

Prohibited Approach Boundary 0.03 m

PPE Glove Class 0

V-Rating 1500 Vdc

Equipment dcBus#5
Equipment Name

Source Protective Device

Contract # 1

Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz

Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#50** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#51** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#52** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#53** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#54** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#55** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#56** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#57** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#58** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#59** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#6** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#60** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#61** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#62** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#63** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#64** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#65** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#66** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#67** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#68** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#69** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#7** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#70** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#71** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#72** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#73** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#74** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#75** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#76** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#77** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#78** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#8** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus#9** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection

Incident Energy (cal/cm²)	**0.0**
Arc Flash Boundary	**0.07 m**

Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection **1000 Vdc**

Shock Hazard when covers removed

Limited Approach Boundary	**1.07 m**
Restricted Approach Boundary	**0.31 m**
Prohibited Approach Boundary	**0.03 m**
PPE Glove Class	**0**
V-Rating	**1500 Vdc**

Equipment **dcBus_#3** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # 1 Engineer Arturo Gerardo Velásquez Cruz Date 04-04-2020

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

PABELLON "O"

PABELLON"G"

PABELLON "H"

AUDITORIO

PABELLON "D"

PABELLON "C"

PABELLON "B"

PABELLON "A"

CHAMINADE

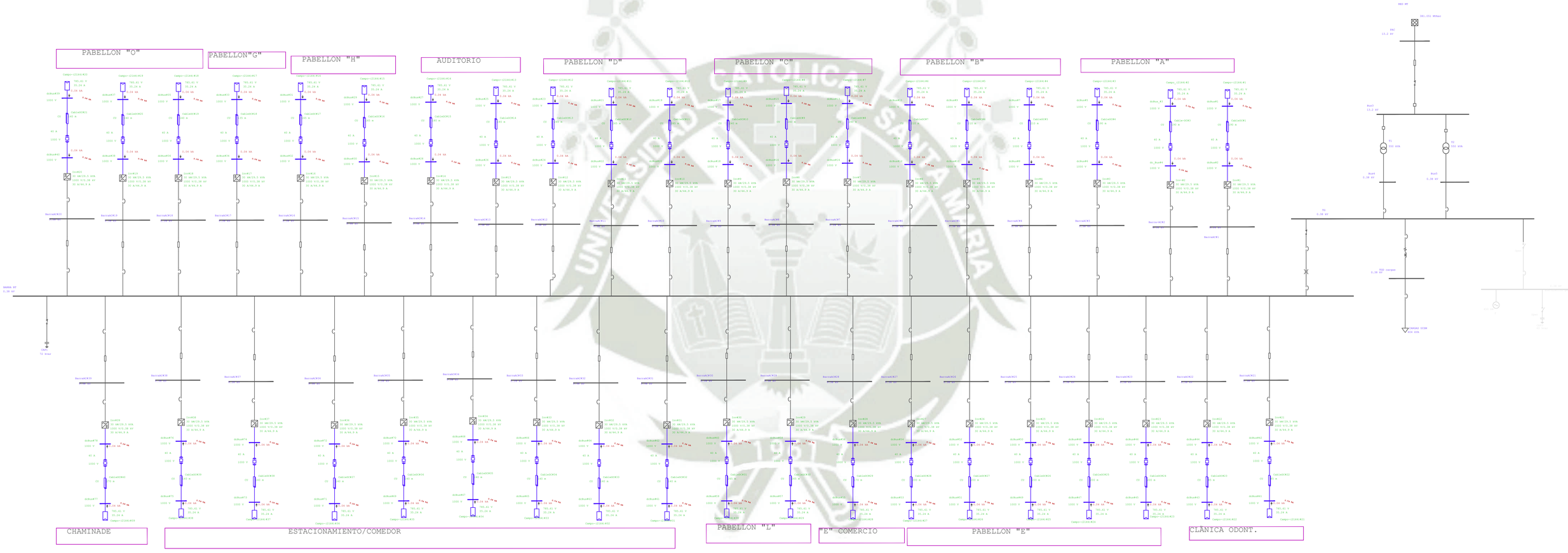
ESTACIONAMIENTO/COMEDOR

PABELLON "L"

"E" COMERCIO

PABELLON "E"

CLANICA ODONT.



Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.

TITULO:	FLUJO DE CORTOCIRCUITO DC EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACION DISTRIBUIDA(ETAP)
ESCALA:	N.A (no aplica)
HOJA	01/01
NRO. DE PLANO:	001-002-003
FECHA:	01/04/2020

Dibujado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Arturo Velásquez Cruz	Ing. Victor Rivera Acosta	Ing. Victor Rivera Acosta

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Programa Analizador de Transitorios Eléctricos

Análisis de Cortocircuito CC

	Reg. Tensión	Carga	Total
Número de Barras:	39	39	78

	Cargador	SAI	Inversor	Convertidor CC	Total
Número de Convertidores:	0	0	39	0	39

	Cable	Impedancia	DPEnlace	Total
Número de Ramales:	39	0	0	39

	Batería	Arreglo FV
Número de Baterías:	0	39

	Motor	Carga Estática	Carga Concentrada	CSD Compuesto	Total
Número de Cargas:	0	0	0	0	0

Sistema de Unidades: Metric

Archivo de Proyecto: COPIA DE PRUEBA14

Archivo de Salida: C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap simulation\ucsm__proyectofinal\COPIAS\cortocircuito dc.DS1

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Barra

Barra			Barra		
ID	Tipo	V	ID	Tipo	V
dcBus#1	Carga	1000.00	dcBus#2	Reg. Tensión	1000.00
dcBus_#3	Carga	1000.00	dcBus#5	Carga	1000.00
dcBus#6	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#7	Carga	1000.00
dcBus#8	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#9	Carga	1000.00
dcBus#10	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#11	Carga	1000.00
dcBus#12	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#13	Carga	1000.00
dcBus#14	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#15	Carga	1000.00
dcBus#16	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#17	Carga	1000.00
dcBus#18	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#19	Carga	1000.00
dcBus#20	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#21	Carga	1000.00
dcBus#22	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#23	Carga	1000.00
dcBus#24	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#25	Carga	1000.00
dcBus#26	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#27	Carga	1000.00
dcBus#28	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#29	Carga	1000.00
dcBus#30	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#31	Carga	1000.00
dcBus#32	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#33	Carga	1000.00
dcBus#34	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#35	Carga	1000.00
dcBus#36	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#37	Carga	1000.00
dcBus#38	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#39	Carga	1000.00
dcBus#40	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#41	Carga	1000.00
dcBus#42	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#43	Carga	1000.00
dcBus#44	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#45	Carga	1000.00
dcBus#46	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#47	Carga	1000.00
dcBus#48	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#49	Carga	1000.00
dcBus#50	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#51	Carga	1000.00
dcBus#52	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#53	Carga	1000.00
dcBus#54	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#55	Carga	1000.00
dcBus#56	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#57	Carga	1000.00
dcBus#58	Reg. Tensión	1000.00	dcBus#59	Carga	1000.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Barra		
ID	Tipo	V
dcBus#60	Reg. Tensión	1000.00
dcBus#62	Reg. Tensión	1000.00
dcBus#64	Reg. Tensión	1000.00
dcBus#66	Reg. Tensión	1000.00
dcBus#68	Reg. Tensión	1000.00
dcBus#70	Reg. Tensión	1000.00
dcBus#72	Reg. Tensión	1000.00
dcBus#74	Reg. Tensión	1000.00
dcBus#76	Reg. Tensión	1000.00
dcBus#78	Reg. Tensión	1000.00

Barra		
ID	Tipo	V
dcBus#61	Carga	1000.00
dcBus#63	Carga	1000.00
dcBus#65	Carga	1000.00
dcBus#67	Carga	1000.00
dcBus#69	Carga	1000.00
dcBus#71	Carga	1000.00
dcBus#73	Carga	1000.00
dcBus#75	Carga	1000.00
dcBus#77	Carga	1000.00
dc_Bus#4	Reg. Tensión	1000.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Falta en Barra: **dcBus#78**

V Nominal = 1000.00

Contribución		Corriente de Falta	
ID Barra Origen	A ID	% V Barra Orige	kA (barra destin
dcBus#78	Total	0.00	0.037
dcBus#77	dcBus#78	4.02	0.037
Campo-(21X4)#39	dcBus#77	0.00	0.037

R Equivalente = 12343660.00000 ohm

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Falta en Barra: **dc_Bus#4**

V Nominal = 1000.00

Contribución		Corriente de Falta	
ID Barra Origen	A ID	% V Barra Orige	kA (barra destin
dc_Bus#4	Total	0.00	0.037
dcBus_#3	dc_Bus#4	2.83	0.037
Campo_(21X4)#2	dcBus_#3	0.00	0.037

R Equivalente = 12343660.00000 ohm

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Corriente de Interrupción

Barra		Dispositivo		kA Corriente de Falta		Dispositivo Capacidad
ID	V	ID	Tipo	Falta en Barra	If Max	kA
dcBus#1	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#2	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#1	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus_#3	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#5	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#6	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#3	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#7	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#8	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#4	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#9	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#10	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#5	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#11	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#12	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#6	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#13	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#14	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#7	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#15	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#16	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#8	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#17	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#18	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#9	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#19	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#20	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#10	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#21	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#22	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#11	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#23	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#24	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#12	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#25	1000.000		None	0.037	0.037	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Barra		Dispositivo		kA Corriente de Falta		Dispositivo Capacidad
ID	V	ID	Tipo	Falta en Barra	If Max	kA
dcBus#26	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#13	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#27	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#28	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#14	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#29	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#30	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#15	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#31	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#32	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#16	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#33	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#34	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#17	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#35	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#36	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#18	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#37	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#38	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#19	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#39	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#40	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#20	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#41	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#42	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#21	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#43	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#44	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#22	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#45	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#46	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#23	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#47	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#48	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#24	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#49	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#50	1000.000		None	0.037	0.037	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Barra		Dispositivo		kA Corriente de Falta		Dispositivo Capacidad
ID	V	ID	Tipo	Falta en Barra	If Max	kA
dcBus#50		dcCB#25	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#51	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#52	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#26	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#53	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#54	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#27	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#55	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#56	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#28	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#57	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#58	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#29	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#59	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#60	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#30	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#61	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#62	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#31	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#63	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#64	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#32	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#65	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#66	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#33	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#67	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#68	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#34	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#69	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#70	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#35	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#71	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#72	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#36	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#73	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#74	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#37	CB	0.037	0.037	36.000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Barra		Dispositivo		kA Corriente de Falta		Dispositivo Capacidad
ID	V	ID	Tipo	Falta en Barra	If Max	kA
dcBus#75	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#76	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#38	CB	0.037	0.037	36.000
dcBus#77	1000.000		None	0.037	0.037	
dcBus#78	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#39	CB	0.037	0.037	36.000
dc_Bus#4	1000.000		None	0.037	0.037	
		dcCB#40	CB	0.037	0.037	36.000

* Capacidad de dispositivo es menor que la corriente de falta calculada en barra.
** Capacidad de dispositivo es menor que la corriente de falta calculada en barra e If Max.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO H: FLUJOS DE POTENCIA: REPORTES Y ESQUEMAS UNIFILARES, ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

PABELLON "O"

PABELLON"G"

PABELLON "H"

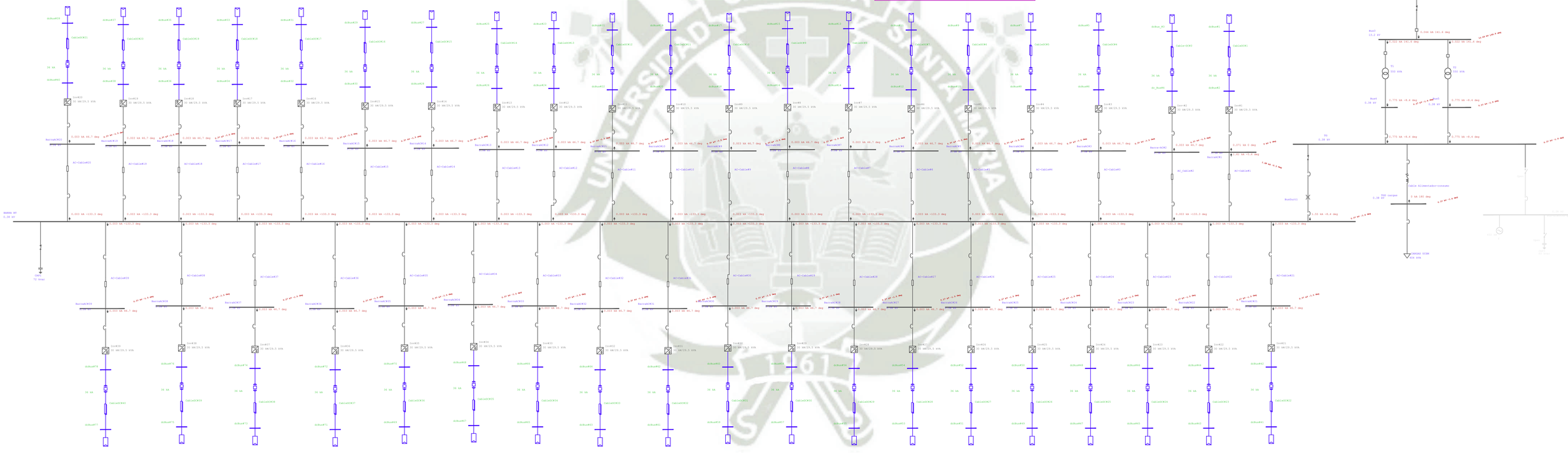
AUDITORIO

PABELLON "D"

PABELLON "C"

PABELLON "B"

PABELLON "A"



CHAMINADE

ESTACIONAMIENTO/COMEDOR

PABELLON "L"

"E" COMERCIO

PABELLON "E"

CLANICA ODONT.

	TITULO: FLUJO EN CORTOCIRCUITO FRANCO TRIFÁSICO (BUS DE SALIDA DE INVERSOR) SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA(ETAP)		
	ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01/01	
	NRO. DE PLANO: 001-003-001	FECHA: 01/04/2020	
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado in autorización especificada por escrito por los autores.	Dibujado por: Arturo Velásquez Cruz	Revisado por: Ing. Victor Rivera Acosta	Aprobado por: Ing. Victor Rivera Acosta

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Programa Analizador de Transitorios Eléctricos

Análisis del Cortocircuito

Estándar IEC 60909

Corriente de Falta Trifásica, LG, LL y LLG

	Barra Infinita	V-Control	Carga	Total
Número de Barras:	1	0	45	46

	XFMR2	XFMR3	Reactor	Línea/Cable	Impedancia	DP-Enlace	Total
Número de Ramales:	2	0	0	41	0	3	46

	Generador Síncrono	Potencia Red	Motor Síncrono	Máquinas Inducción	Carga Concentrada	Total
Número de Máquinas:	0	1	0	0	0	1

Frecuencia del Sistema: 60.00 Hz

Sistema de Unidades: Metric

Nombre de Archivo de Proyecto: COPIA DE PRUEBA14

Nombre Archivo de Salida: C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap simulation\ucsm__proyectofinal\COPIAS\Untitled.SI2

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ajustes

Tolerancia	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Porcentaje
Impedancia Transformador:	Sí	Individual	
Impedancia de Reactor:	Sí	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		

Corrección de Temperatura	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Grados C
Resistencia de Línea de Transmisión:	Sí	Individual	
Resistencia de Cable:	Sí	Individual	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Barra

Barra					Tensión Inicial	
ID	Tipo	kV Nom.	kV base	Sub-sist	%Mag.	Áng.
BARRA BT	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
Barra-AC#2	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#1	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#3	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#4	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#5	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#6	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#7	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#8	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#9	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#10	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#11	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#12	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#13	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#14	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#15	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#16	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#17	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#18	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#19	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#20	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#21	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#22	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#23	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#24	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#25	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#26	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#27	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#28	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#29	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#30	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#31	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#32	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#33	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#34	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Barra					Tensión Inicial	
ID	Tipo	kV Nom.	kV base	Sub-sist	%Mag.	Áng.
BarraAC#35	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#36	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#37	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#38	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
BarraAC#39	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
Bus3	Load	13.200	13.200	1	100.00	0.00
Bus4	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
Bus5	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
PAC	SWNG	13.200	13.200	1	101.00	0.00
TG	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00
TGD cargas	Load	0.380	0.371	1	100.00	-150.00

46 Total Barras

Todas las tensiones en reporte de ETAP expresadas en % de kV Nominal de barra.
Valores kV base de las barras son calculados y utilizados internamente por ETAP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada Línea/Cable

Línea/Cable			Ohms o Siemens por 1000mpor Conductor (Cable) o por Fase (Línea)									
			Longitud									
ID	Librería	Tamaño	Adj. (m)	% Tol.	#/Fase	T (°C)	R1	X1	Y1	R0	X0	Y0
AC-Cable#1	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#3	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#4	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#5	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#6	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#7	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#8	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#9	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#10	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#11	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#12	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#13	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#14	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#15	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#16	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#17	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#18	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#19	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#20	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#21	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#22	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#23	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#24	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#25	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#26	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#27	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#28	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#29	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#30	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#31	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#32	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#33	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#34	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ohms o Siemens por 1000mpor Conductor (Cable) o por Fase (Línea)

Línea/Cable			Longitud									
ID	Librería	Tamaño	Adj. (m)	% Tol.	#/Fase	T (°C)	R1	X1	Y1	R0	X0	Y0
AC-Cable#35	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#36	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#37	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#38	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC-Cable#39	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
AC_Cable#2	1.0MCUN4	16	100.0	0.0	1	75	1.392512	0.096	0.0001165	4.386411	0.23616	
Alimentador Subterráneo	15NCUS3	35	210.0	0.0	1	75	0.6371217	0.143		1.013023	0.36322	
Cable Alimentador-consumo	20NCUS3	400	25.0	0.0	2	75	0.0608509	0.108		0.0967509	0.27432	

Las resistencias de la línea/del Cable se muestran a las temperaturas especificadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Transformador de 2 Devanados

Transformador	Clase					Z variación			% Ajuste Toma		Ajustado	Desfase	
ID	MVA	kV Prim.	kV Sec.	% Z	X/R	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Tipo	Ángulo
T1	0.550	13.200	0.380	4.00	1.50	0	0	0	2.500	0	4.0000	Dyn	150.000
T2	0.550	13.200	0.380	4.00	1.50	0	0	0	2.500	0	4.0000	Dyn	150.000

Datos de Entrada de Puesta a Tierra de Transformador de 2 Devanados

Transformador	Clase			Puesta a Tierra								
				Con.	Primario				Secundario			
ID	MVA	kV Prim.	kV Sec.	Tipo	Tipo	kV	Amp	Ohm	Tipo	kV	Amp	Ohm
T1	0.550	13.200	0.380	D/Y					Solid			
T2	0.550	13.200	0.380	D/Y					Solid			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Conexiones de Ramal

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Impedancia Sec. Pos., 100 MVAb			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
T1	2W XFMR	Bus3	Bus4	414.50	621.76	747.26	
T2	2W XFMR	Bus3	Bus5	414.50	621.76	747.26	
AC-Cable#1	Cable	BarraAC#1	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#3	Cable	BarraAC#3	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#4	Cable	BarraAC#4	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#5	Cable	BarraAC#5	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#6	Cable	BarraAC#6	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#7	Cable	BarraAC#7	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#8	Cable	BarraAC#8	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#9	Cable	BarraAC#9	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#10	Cable	BarraAC#10	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#11	Cable	BarraAC#11	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#12	Cable	BarraAC#12	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#13	Cable	BarraAC#13	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#14	Cable	BarraAC#14	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#15	Cable	BarraAC#15	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#16	Cable	BarraAC#16	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#17	Cable	BarraAC#17	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#18	Cable	BarraAC#18	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#19	Cable	BarraAC#19	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#20	Cable	BarraAC#20	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#21	Cable	BarraAC#21	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#22	Cable	BarraAC#22	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#23	Cable	BarraAC#23	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#24	Cable	BarraAC#24	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#25	Cable	BarraAC#25	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#26	Cable	BarraAC#26	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#27	Cable	BarraAC#27	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#28	Cable	BarraAC#28	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#29	Cable	BarraAC#29	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#30	Cable	BarraAC#30	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#31	Cable	BarraAC#31	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#32	Cable	BarraAC#32	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#33	Cable	BarraAC#33	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#34	Cable	BarraAC#34	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#35	Cable	BarraAC#35	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#36	Cable	BarraAC#36	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Impedancia Sec. Pos., 100 MVAb			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
AC-Cable#37	Cable	BarraAC#37	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#38	Cable	BarraAC#38	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC-Cable#39	Cable	BarraAC#39	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
AC_Cable#2	Cable	Barra-AC#2	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	0.0000016
Alimentador Subterráneo	Cable	PAC	Bus3	7.68	1.72	7.87	
Cable Alimentador-consumo	Cable	TG	TGD cargas	55.34	98.22	112.74	
CB6	Tie Breakr	TG	BARRA BT				
CB11	Tie Breakr	Bus4	TG				
CB12	Tie Breakr	Bus5	TG				

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Red de Potencia Externo

Red de Pot.	Barra Conectada	Clase		% Impedancia 100 MVA base			Puesta a Tier
ID	ID	MVASC	kV	R	X"	R/X"	Tipo
RED MT	PAC	381.051	13.200	15.74330	20.99652	0.75	Estrella - Sólida

Total Máquinas Redes (= 1): 381.051 MVA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REPORTE DE CORTOCIRCUITO

Falta en Barra: **BarraAC#1**
kV Nominal = 0.380
Factor c Tensión = 1.05 (Definido por el Usuario)

Contribución		Falta Trifásica		Falta Línea-a-Tierra					Impedancias de Secuencia Positiva y Cero Observando en "Barra Origen"			
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Orige	kA rms Sim.	% Tensión en Barra Origen Va	Vb	Vc	kA Sim. rms Ia	3I0	% Impedancia en Base 100 MVA R1	X1	R0	X0
BarraAC#1	Total	0.00	1.679	0.00	126.05	127.50	0.964	0.964	9.94E+003	9.28E+002	3.21E+004	2.03E+003
BARRA BT	BarraAC#1	97.46	1.608	98.60	100.00	99.95	0.937	0.964	1.04E+004	1.01E+003	3.21E+004	2.03E+003
Inv#1	BarraAC#1	100.00	0.071	100.00	100.00	100.00	0.027	0.000	2.37E+005	3.56E-005		

		Trifásico	L-G	L-L	L-L-G
Corriente Simétrica Inicial (kA, rms)	:	1.679	0.964	1.454	1.501
Corriente Pico (kA), Método C	:	2.422	1.391	2.097	2.166
Corriente de Corte (kA, rms, symm)	:		0.964	1.454	1.501
Corriente de Estado Permanente (kA, rms)	:	1.679	0.964	1.454	1.501

\# Indica contribución a correinte de falta desde transformador de tres devanados
* Indica contribución a corriente de falta de secuencia cero (3I0) desde transformador Delta- Y conectado a tierra

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Informe Resumen de Cortocircuito

Corriente de Falta Trifásica, LG, LL, LLG

Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	I"k	ip	Ik	I"k	ip	lb	Ik	I"k	ip	lb	Ik	I"k	ip	lb	Ik
BarraAC#1	0.380	1.679	2.422	1.679	0.964	1.391	0.964	0.964	1.454	2.097	1.454	1.454	1.501	2.166	1.501	1.501

Todas las corrientes de falta en kA rms. Corriente ip calculada usando Método C.

* Corriente de falta LLG es la mayor de las corrientes de las dos líneas falladas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Informe Resumen de la Impedancia de Secuencia

Barra		Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
ID	kV	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
BarraAC#1	0.380	0.13662	0.01275	0.13722	0.13662	0.01275	0.13722	0.44149	0.02789	0.44237	0.00000	0.00000	0.00000

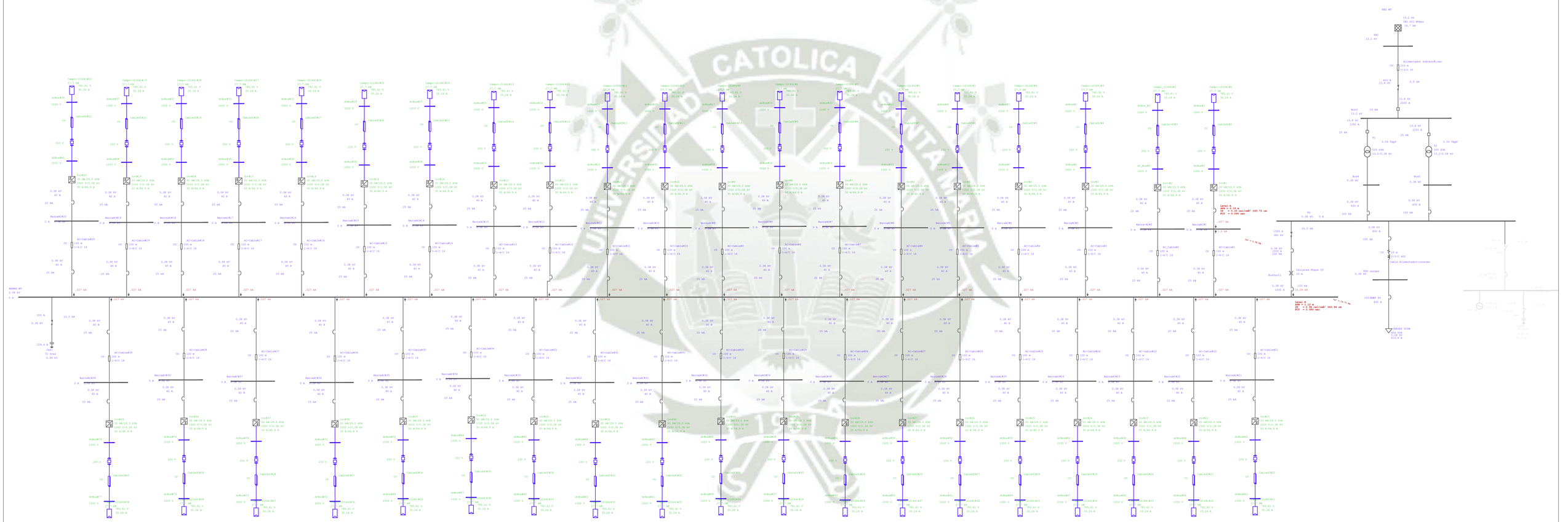
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO I: FLUJOS DE POTENCIA: REPORTES Y ESQUEMAS UNIFILARES ANÁLISIS DE ARCO Y CHOQUE ELÉCTRICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



A.P. INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA	TITULO: ARCO Y CHOQUE ELÉCTRICO AC EN BARRAS DE SALIDA DE INVERSOR Y BARRA BT DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA(ETAP)		
	ESCALA: N.A (no aplica)	HOJA 01/01	
	NRO. DE PLANO: 001-004-001	FECHA: 01/04/2020	
Este diseño y la información mostrada e incluida en este plano es de autoría personal, se acuerda que este plano será tratado como documento confidencial y no debe ser copiado o publicado sin autorización especificada por escrito por los autores.	Dibujado por: Arturo Velásquez Cruz	Revisado por: Ing. Victor Rivera Acosta	Aprobado por: Ing. Victor Rivera Acosta

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection
Level B
Incident Energy (cal/cm²) 2.9
Arc Flash Boundary 1.12 m
FR long-sleeve shirt (minimum arc rating of 4), worn over untreated cotton T-shirt with FR pants (minimum arc rating of 8)

Shock Protection 380 VAC
Shock Hazard when covers removed
Limited Approach Boundary 1.07 m
Restricted Approach Boundary 0.30 m
Prohibited Approach Boundary 0.03 m
PPE Glove **Class** 00
V-Rating 500 VAC

Equipment **BARRA BT** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # **1** Engineer **Arturo Gerardo Velásquez Cruz** Date **06-04-2020**

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



WARNING

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection
Level A
Incident Energy (cal/cm²) 0.3
Arc Flash Boundary 0.19 m
Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection 380 VAC
Shock Hazard when covers removed
Limited Approach Boundary 1.07 m
Restricted Approach Boundary 0.30 m
Prohibited Approach Boundary 0.03 m
PPE Glove **Class** 00
V-Rating 500 VAC

Equipment **BarraAC#1** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # **1** Engineer **Arturo Gerardo Velásquez Cruz** Date **06-04-2020**

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

DANGER

06-04-2020



Arc Flash and Shock Hazard

Arc Flash Boundary	1.12 m
Incident Energy (cal/cm²)	2.9
Working Distance	61 cm

Level B

Shock Hazard Voltage	380 V
Limited Approach	1.07 m
Restricted Approach	0.30 m
Prohibited Approach	0.03 m

Equipment BARRA BT

DANGER

06-04-2020



Arc Flash and Shock Hazard

Arc Flash Boundary	0.19 m
Incident Energy (cal/cm²)	0.3
Working Distance	46 cm

Level A

Shock Hazard Voltage	380 V
Limited Approach	1.07 m
Restricted Approach	0.30 m
Prohibited Approach	0.03 m

Equipment BarraAC#1

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA



DANGER

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection
Level B
Incident Energy (cal/cm²) 2.9
Arc Flash Boundary 1.12 m
FR long-sleeve shirt (minimum arc rating of 4), worn over untreated cotton T-shirt with FR pants (minimum arc rating of 8)

Shock Protection 380 VAC
Shock Hazard when covers removed
Limited Approach Boundary 1.07 m
Restricted Approach Boundary 0.30 m
Prohibited Approach Boundary 0.03 m
PPE Glove **Class** 00
V-Rating 500 VAC

Equipment **BARRA BT** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # **1** Engineer **Arturo Gerardo Velásquez Cruz** Date **06-04-2020**

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.



DANGER

Flash & Shock Hazard with Covers or Doors Open
Appropriate PPE Required



Flash Protection
Level A
Incident Energy (cal/cm²) 0.3
Arc Flash Boundary 0.19 m
Non-melting or untreated natural fiber long-sleeve shirt and long pants

Shock Protection 380 VAC
Shock Hazard when covers removed
Limited Approach Boundary 1.07 m
Restricted Approach Boundary 0.30 m
Prohibited Approach Boundary 0.03 m
PPE Glove **Class** 00
V-Rating 500 VAC

Equipment **BarraAC#1** Source Protective Device
Equipment Name

Contract # **1** Engineer **Arturo Gerardo Velásquez Cruz** Date **06-04-2020**

Changes in equipment settings or system configuration will invalidate the calculated values and PPE requirements which may result in a hazardous condition.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Programa Analizador de Transitorios Eléctricos

Análisis de Arco Eléctrico

IEEE 1584

Cortocircuito IEC

	Barra Infinita	V-Control	Carga	Total
Número de Barras:	1	0	45	46

	XFMR2	XFMR3	Reactor	Línea/Cable	Impedancia	DP-Enlace	Total
Número de Ramales:	2	0	0	41	0	3	46

	Generador Síncrono	Potencia Red	Motor Síncrono	Máquinas Inducción	Carga Concentrada	Total
Número de Máquinas:	0	1	0	0	0	1

Frecuencia del Sistema:	60.00 Hz
Sistema de Unidades:	Metric
Nombre de Archivo de Proyecto:	COPIA DE PRUEBA15
Nombre Archivo de Salida:	C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap simulation\ucsm__proyectofinal\COPIAS\Untitled.IAF

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ajustes

Tolerancia	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Porcentaje
Impedancia Transformador:	Sí	Individual	
Impedancia de Reactor:	Sí	Individual	
Resistencia Relé Protección Sobrecarga	No		
Longitud de Línea de Transmisión:	No		
Longitud de Cable:	No		

Corrección de Temperatura	Aplicar Ajustes	Individual /Global	Grados C
Resistencia de Línea de Transmisión:	Sí	Individual	
Resistencia de Cable:	Sí	Individual	

Niveles de Energía

Niveles Definidos por el Usuar

Nivel ID	cal/cm²
Level A	2.00
Level B	4.00
Level C	8.00
Level D	25.00
Level E	40.00
Level F	100.00
Level G	120.00
Level H	0.00
Level I	0.00
Level J	0.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Barra

Barra					Tensión Inicial	
ID	Tipo	kV Nom.	kV base	Sub-sist	%Mag.	Áng.
BARRA BT	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
Barra-AC#2	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#1	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#3	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#4	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#5	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#6	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#7	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#8	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#9	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#10	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#11	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#12	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#13	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#14	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#15	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#16	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#17	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#18	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#19	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#20	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#21	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#22	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#23	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#24	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#25	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#26	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#27	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#28	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#29	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#30	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#31	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#32	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#33	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#34	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Barra					Tensión Inicial	
ID	Tipo	kV Nom.	kV base	Sub-sist	%Mag.	Áng.
BarraAC#35	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#36	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#37	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#38	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
BarraAC#39	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
Bus3	Load	13.200	13.200	1	100.00	0.00
Bus4	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
Bus5	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
PAC	SWNG	13.200	13.200	1	101.00	0.00
TG	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00
TGD cargas	Load	0.380	0.371	1	100.00	0.00

46 Total Barras

Todas las tensiones en reporte de ETAP expresadas en % de kV Nominal de barra.
Valores kV base de las barras son calculados y utilizados internamente por ETAP.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada Arco Eléctrico en Barra

Falta en Barra		Categorías de Arco Eléctrico			Límite de Acercamiento Reducido (m)				Protección Disponi
ID	kV Nom.	Tipo Equipo	Brecha (mm)	Factor X	Exp. Movible	Circuito Fijo	Restringido	Prohibido	cal/cm²
BARRA BT	0.380	Switchgear	32	1.473	3.048	1.067	0.305	0.030	1.2
BarraAC#1	0.380	Switchboard	32	1.473	3.048	1.067	0.305	0.030	0.0

El Gap y los Factores-X no son utilizados si el método Lee derivado empiricamente ha sido utilizado para determinar la energía incidente y los límites de arco eléctrico .
El método Lee es utilzado si la tensión de barra y/o los parámetros de cortocircuito están fuera de los rangos cubiertos por las ecuaciones empiíricas de la norma IEEE 1584

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada Línea/Cable

Línea/Cable			Ohms o Siemens/1000mpor Conductor (Cable) o por Fase (Línea)						
			Longitud						
ID	Librería	Tamaño	Adj. (m)	% Tol.	#/Fase	T (°C)	R	X	Y
AC-Cable#1	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#3	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#4	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#5	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#6	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#7	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#8	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#9	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#10	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#11	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#12	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#13	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#14	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#15	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#16	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#17	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#18	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#19	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#20	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#21	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#22	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#23	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#24	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#25	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#26	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#27	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#28	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#29	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#30	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#31	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#32	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#33	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#34	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#35	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#36	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#37	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC-Cable#38	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ohms o Siemens/1000mpor Conductor (Cable) o por Fase (Línea)

Línea/Cable			Longitud						
ID	Librería	Tamaño	Adj. (m)	% Tol.	#/Fase	T (°C)	R	X	Y
AC-Cable#39	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
AC_Cable#2	1.0MCUN4	16	100.0	0	1	75	1.39251	0.09600	0.0001165
Alimentador Subterráneo	15NCUS3	35	210.0	0	1	75	0.63712	0.14300	0.0000000
Cable Alimentador-consumo	20NCUS3	400	25.0	0	2	75	0.06085	0.10800	0.0000000

Las resistencias de la línea/del Cable se muestran a las temperaturas especificadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Transformador de 2 Devanados

Transformador	Clase					Z variación			% Ajuste Toma		Ajustado
ID	MVA	kV Prim.	kV Sec.	% Z	X/R	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z
T1	0.550	13.200	0.380	4.00	1.50	0	0	0	2.500	0	4.0000
T2	0.550	13.200	0.380	4.00	1.50	0	0	0	2.500	0	4.0000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Conexiones de Ramal

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Impedancia Sec. Pos., 100 MVAb			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
T1	2W XFMR	Bus3	Bus4	414.50	621.76	747.26	
T2	2W XFMR	Bus3	Bus5	414.50	621.76	747.26	
AC-Cable#1	Cable	BarraAC#1	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#3	Cable	BarraAC#3	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#4	Cable	BarraAC#4	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#5	Cable	BarraAC#5	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#6	Cable	BarraAC#6	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#7	Cable	BarraAC#7	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#8	Cable	BarraAC#8	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#9	Cable	BarraAC#9	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#10	Cable	BarraAC#10	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#11	Cable	BarraAC#11	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#12	Cable	BarraAC#12	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#13	Cable	BarraAC#13	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#14	Cable	BarraAC#14	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#15	Cable	BarraAC#15	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#16	Cable	BarraAC#16	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#17	Cable	BarraAC#17	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#18	Cable	BarraAC#18	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#19	Cable	BarraAC#19	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#20	Cable	BarraAC#20	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#21	Cable	BarraAC#21	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#22	Cable	BarraAC#22	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#23	Cable	BarraAC#23	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#24	Cable	BarraAC#24	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#25	Cable	BarraAC#25	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#26	Cable	BarraAC#26	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#27	Cable	BarraAC#27	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#28	Cable	BarraAC#28	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#29	Cable	BarraAC#29	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#30	Cable	BarraAC#30	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#31	Cable	BarraAC#31	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#32	Cable	BarraAC#32	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#33	Cable	BarraAC#33	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#34	Cable	BarraAC#34	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#35	Cable	BarraAC#35	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#36	Cable	BarraAC#36	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Circuito/Rama		ID Barra Conectada		% Impedancia Sec. Pos., 100 MVAb			
ID	Tipo	Barra Origen	Barra Destino	R	X	Z	Y
AC-Cable#37	Cable	BarraAC#37	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#38	Cable	BarraAC#38	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC-Cable#39	Cable	BarraAC#39	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
AC_Cable#2	Cable	Barra-AC#2	BARRA BT	10131.63	698.48	10155.68	
Alimentador Subterráneo	Cable	PAC	Bus3	7.68	1.72	7.87	
Cable Alimentador-consumo	Cable	TG	TGD cargas	55.34	98.22	112.74	
CB6	Tie Breaker	TG	BARRA BT				
CB11	Tie Breaker	Bus4	TG				
CB12	Tie Breaker	Bus5	TG				

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Datos de Entrada de Red de Potencia Externo

Red de Pot.	Barra Conectada	Clase		% Impedancia 100 MVA base		
ID	ID	MVASC	kV	R	X"	R/X
RED MT	PAC	381.051	13.200	15.74330	20.99652	0.75

Total Máquinas Redes (= 1): 381.051 MVA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Arco Eléctrico

Método de Cálculo Simétrico Inicial

Falta de Arco en Barra: **BARRA BT**

Método de Solución: **Simétrica Inicial (Ik")**

kV Nominal = 0.380
kV base = 0.371

Tensión pre-falta = kV Nominal x Factor c

Puesta a Tierra del Sistema = Conectado a tierra
Distancia de Trabajo = 61 cm

Resultados del Arco Eléctrico en Barra

Franca Total (kA)	Arco Total (kA)	Tiempo de Despeje de Falta (ciclos)	(Segundos)	(cal/cm²)
Ik" = 42.626	Ia" = 16.707	FCT = 4.8	0.080	Energía de Incidente = 2.937
	Tiempo de Despeje de Falta	4.8	0.080	**Energía Incidente Total =** 2.937

Nivel de Energía* **Level B**

Límite Arco Eléctrico = 1.12 m

Falta de Arco en Dispositivo			Contribución Individual a Arco Eléctrico de Barra			Energía Incidente					
ID	Fase Tipo	Tipo	Franca (kA)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	ID Dispositivo de Prot. para FCT	E Incidente (cal/cm²)	AFB (m)	Energía Nivel*
CB6	3Ph	LV CB	41.059	16.093				No puede ser calculado			
CB9	3Ph	LV CB	41.059	16.093				No puede ser calculado			
CBCampo#1	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#10	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#11	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#12	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#13	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#14	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#15	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#16	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#17	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Arco Eléctrico

Método de Cálculo Simétrico Inicial

Falta de Arco en Barra: **BARRA BT**

Método de Solución: **Simétrica Inicial (Ik")**

kV Nominal = 0.380
kV base = 0.371

Tensión pre-falta = kV Nominal x Factor c

Puesta a Tierra del Sistema = Conectado a tierra
Distancia de Trabajo = 61 cm

Resultados del Arco Eléctrico en Barra

Franca Total (kA)	Arco Total (kA)	Tiempo de Despeje de Falta (ciclos)	(Segundos)	(cal/cm²)
Ik" = 42.626	Ia" = 16.707	FCT = 4.8	0.080	Energía de Incidente = 2.937
	Tiempo de Despeje de Falta	4.8	0.080	**Energía Incidente Total =** 2.937

Nivel de Energía* **Level B**

Límite Arco Eléctrico = 1.12 m

Falta de Arco en Dispositivo			Contribución Individual a Arco Eléctrico de Barra			Energía Incidente					
ID	Fase Tipo	Tipo	Franca (kA)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	ID Dispositivo de Prot. para FCT	E Incidente (cal/cm²)	AFB (m)	Energía Nivel*
CBCampo#18	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#19	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CB-Campo#2	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#20	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#21	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#22	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#23	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#24	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#25	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#26	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#27	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Arco Eléctrico

Método de Cálculo Simétrico Inicial

Falta de Arco en Barra: **BARRA BT**

Método de Solución: **Simétrica Inicial (Ik")**

kV Nominal = 0.380
kV base = 0.371

Tensión pre-falta = kV Nominal x Factor c

Puesta a Tierra del Sistema = Conectado a tierra
Distancia de Trabajo = 61 cm

Resultados del Arco Eléctrico en Barra

Franca Total (kA)	Arco Total (kA)	Tiempo de Despeje de Falta (ciclos)	(Segundos)	(cal/cm²)
Ik" = 42.626	Ia" = 16.707	FCT = 4.8	0.080	Energía de Incidente = 2.937
	Tiempo de Despeje de Falta	4.8	0.080	**Energía Incidente Total =** 2.937

Nivel de Energía* **Level B**

Límite Arco Eléctrico = 1.12 m

Falta de Arco en Dispositivo			Contribución Individual a Arco Eléctrico de Barra			Energía Incidente					
ID	Fase Tipo	Tipo	Franca (kA)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	ID Dispositivo de Prot. para FCT	E Incidente (cal/cm²)	AFB (m)	Energía Nivel*
CBCampo#28	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#29	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#30	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#31	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#32	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#33	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#34	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#35	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#36	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#37	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#38	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Arco Eléctrico

Método de Cálculo Simétrico Inicial

Falta de Arco en Barra: **BARRA BT**

Método de Solución: **Simétrica Inicial (Ik")**

kV Nominal = 0.380
kV base = 0.371

Tensión pre-falta = kV Nominal x Factor c

Puesta a Tierra del Sistema = Conectado a tierra
Distancia de Trabajo = 61 cm

Resultados del Arco Eléctrico en Barra

Franca Total (kA)	Arco Total (kA)	Tiempo de Despeje de Falta (ciclos)	(Segundos)	(cal/cm²)
Ik" = 42.626	Ia" = 16.707	FCT = 4.8	0.080	Energía de Incidente = 2.937
	Tiempo de Despeje de Falta	4.8	0.080	**Energía Incidente Total =** 2.937

Nivel de Energía* **Level B**

Límite Arco Eléctrico = 1.12 m

Falta de Arco en Dispositivo			Contribución Individual a Arco Eléctrico de Barra			Energía Incidente					
ID	Fase Tipo	Tipo	Franca (kA)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	ID Dispositivo de Prot. para FCT	E Incidente (cal/cm²)	AFB (m)	Energía Nivel*
CBCampo#39	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#4	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#40	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#5	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#6	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#7	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#8	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
CBCampo#9	3Ph	LV CB	0.068	0.027				No puede ser calculado			
SW5	3Ph	SPST Switch	41.059	16.093				No puede ser calculado			
SWBancoCapac.	3Ph	SPST Switch	0.000	0.000		16.707	4.8		2.937		
						FCT =	4.8	**Total =**	2.937	1.12	**Level B**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

* Son utilizados los niveles de energía definidos por el usuario.

♦ Las variaciones de las corrientes de Arco se aplican en esta ubicación .

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Arco Eléctrico

Método de Cálculo Simétrico Inicial

Falta de Arco en Barra: **BarraAC#1**

Método de Solución: **Simétrica Inicial (Ik")**

kV Nominal = 0.380
kV base = 0.371

Tensión pre-falta = kV Nominal x Factor c

Puesta a Tierra del Sistema = Conectado a tierra
Distancia de Trabajo = 46 cm

Resultados del Arco Eléctrico en Barra

Franca Total (kA)	Arco Total (kA)	Tiempo de Despeje de Falta (ciclos)	(Segundos)	(cal/cm²)
Ik" = 1.679	Ia" = 1.353	FCT = 5.4	0.090	Energía de Incidente = 0.334
	Tiempo de Despeje de Falta	5.4	0.090	**Energía Incidente Total =** 0.334

Nivel de Energía* **Level A**

Límite Arco Eléctrico = 0.19 m

Falta de Arco en Dispositivo			Contribución Individual a Arco Eléctrico de Barra			Energía Incidente					
ID	Fase Tipo	Tipo	Franca (kA)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	I de Arco (kA)	FCT (ciclos)	ID Dispositivo de Prot. para FCT	E Incidente (cal/cm²)	AFB (m)	Energía Nivel*
CBInv#1	3Ph	LV CB	0.071	0.057	31987.4			No puede ser calculado			

* Son utilizados los niveles de energía definidos por el usuario.

♦ Las variaciones de las corrientes de Arco se aplican en esta ubicación .

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Resumen de la Energía Incidente

Barra			Falta Total Corriente (kA)		Resultados Análisis Arco Eléctrico			
ID	kV Nom.	Tipo	Franca	I de Arco	FCT (ciclos)	E Incidente (cal/cm²)	AFB (m)	Energía Nivel
BARRA BT	0.380	Switchgear	42.626	16.707	4.800	2.937	1.12	Level B
BarraAC#1	0.380	Switchboard	1.679	1.353	5.400	0.334	0.19	Level A

Resumen - Cálculos de Peligro por Descarga de Arco

Falta en Barra				Corriente de Falta			Dispositivo de Disparo							
ID	kV Nom.	Tipo Equipo	Brecha	Falta Franca (kA) Barra	DP	PD Falta de Arco	ID Fuente de Disparo	Disparo	Abierto (ciclo)	FCT (ciclo)	Límite Arco (m)	Energía Incidente (cal/cm²)	Distancia de Trabajo (cm)	Energia Nivel
BARRA BT	0.380	Switchgear	32	42.626						4.80	1.1	2.9	61	Level B
BarraAC#1	0.380	Switchboard	32	1.679						5.40	0.2	0.3	46	Level A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

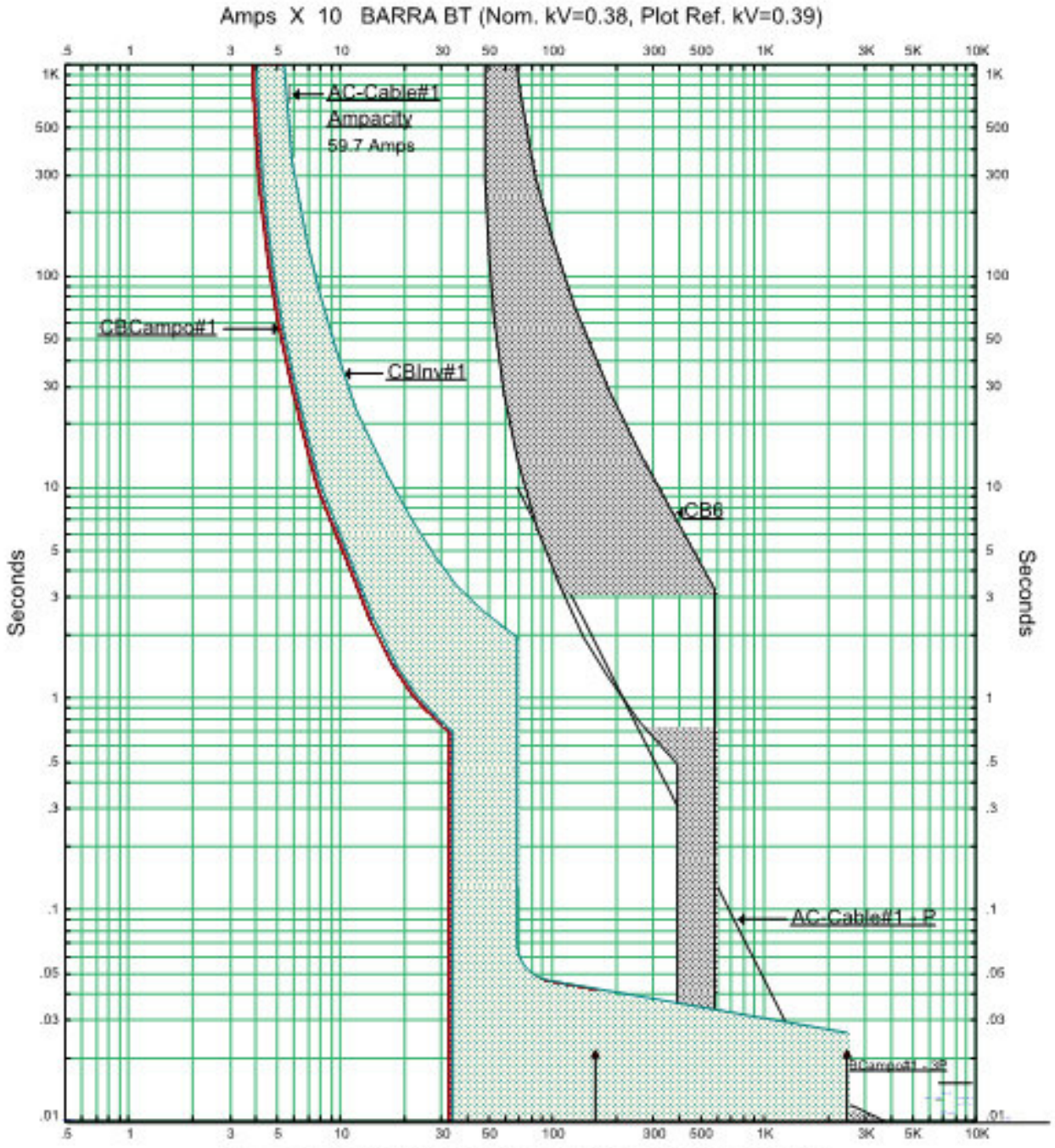
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO J: FLUJOS DE POTENCIA: REPORTES DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



UCSM SISTEMA FOTOVOLTAICO	COORDINACION(SALIDA INV)	

Project: GD-FOTOVOLTAICA /UCSM 1MWp
Location: Arequipa, Arequipa, Perú
Contract: 1
Engineer: Arturo Gerardo Velásquez Cruz
Filename: C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap

Date: 06-04-2020
SN:
Rev: Base
Fault: Phase

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CB6

MFR:	*	Tag #:		kA Trifásicos:	0.00 Asim. (Calc.)
Modelo:		Clase:	220 kA, 0.38 kV	kA LG:	0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño:	1400	Amp Nominal:	1500.000	kV base:	0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético#

MFR:	ABB	Disparo Térmico:	90
Modelo:	LN 800	Disparo Magnético Trip:	10.000
ID:	R500		

El dispositivo de disparo seleccionado no es compatible con el interruptor.

CB: CBCampo#1

MFR:	*	Tag #:		kA Trifásicos:	24.63 Asim. (Calc.)
Modelo:		Clase:	52.5 kA, 0.38 kV	kA LG:	25.10 Asim. (Calc.)
Tamaño:	40	Amp Nominal:	40.000	kV base:	0.390 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR:	Cutler-Hammer	Disparo Térmico:	80
Modelo:	EG (IEC)	Disparo Magnético Trip:	FIXED
ID:	40		

CB: CBInv#1

MFR:	*	Tag #:		kA Trifásicos:	1.68 Asim. (Calc.)
Modelo:		Clase:	52.5 kA, 0.38 kV	kA LG:	0.96 Asim. (Calc.)
Tamaño:	40	Amp Nominal:	40.000	kV base:	0.371 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

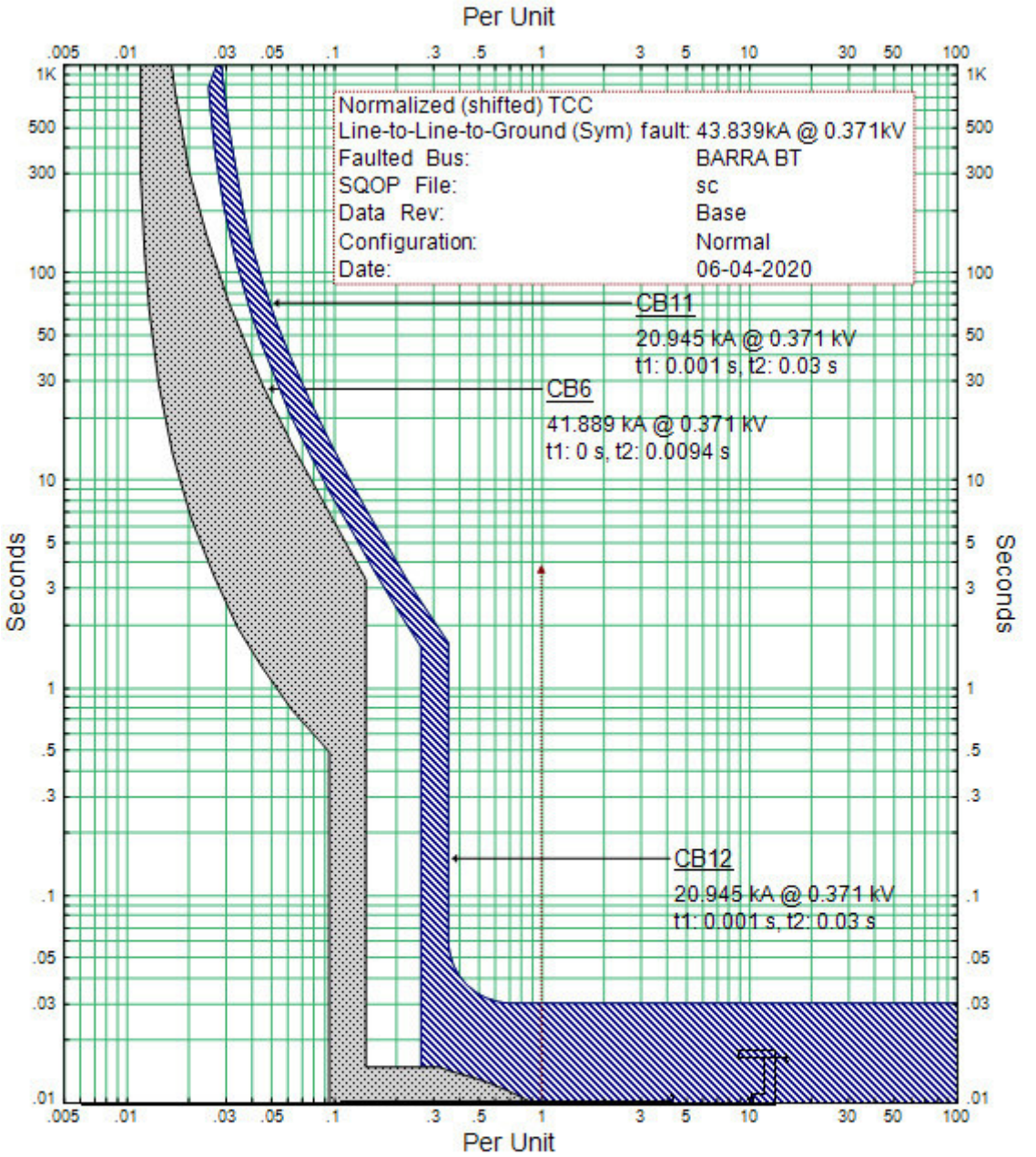
Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR:	Cutler-Hammer	Disparo Térmico:	80
Modelo:	EG (IEC)	Disparo Magnético Trip:	FIXED
ID:	40		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



UCSM SISTEMA FOTOVOLTAICO	COORDINACIÓN BARRA BT	

Project: GD-FOTOVOLTAICA /UCSM 1MWp
Location: Arequipa, Arequipa, Perú
Contract: 1
Engineer: Arturo Gerardo Velásquez Cruz
Filename: C:\Users\User\Desktop\TESIS SEPTIEMBRE\ucsm etap

Date: 06-04-2020
SN:
Rev: Base
Fault: Phase(Normalized)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CB11

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 220 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 630 | Amp Nominal: 630.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de disparo de estado sólido en baja tensión

MFR: Schneider Electric
Modelo: Micrologic 6.3 E/M (NSX)
Sensor: 500

		Ajuste de Fase			Ajuste de Tierra
e largo plazo	Ir	500 A	LT Band	Class 5	Ig 0.200
					tg 0 sec
iempo-Corto	Isd	13.000			
	tsd	Fixed			
INST	Ii	Fixed			

CB: CB12

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 220 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 630 | Amp Nominal: 630.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de disparo de estado sólido en baja tensión

MFR: Schneider Electric
Modelo: Micrologic 6.3 E/M (NSX)
Sensor: 500

		Ajuste de Fase			Ajuste de Tierra
e largo plazo	Ir	500 A	LT Band	Class 5	Ig 0.200
					tg 0 sec
iempo-Corto	Isd	13.000			
	tsd	Fixed			
INST	Ii	Fixed			

CB: CB13

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 220 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 630 | Amp Nominal: 800.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de disparo de estado sólido en baja tensión

MFR: Schneider Electric
Modelo: Micrologic 6.3 E/M (NSX)
Sensor: 500

		Ajuste de Fase			Ajuste de Tierra
e largo plazo	Ir	500 A	LT Band	Class 5	Ig 0.200
					tg 0 sec
iempo-Corto	Isd	5.000			
	tsd	Fixed			
INST	Ii	Fixed			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CB5

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 160 | Amp Nominal: 700.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Siemens | Disparo Térmico: Fijo
Modelo: 3VF3 (Fixed) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 160 (0.24kV)

CB: CB6

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 220 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 1400 | Amp Nominal: 1500.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético#

MFR: ABB | Disparo Térmico: 90
Modelo: LN 800 | Disparo Magnético Trip: 10.000
ID: R500

El dispositivo de disparo seleccionado no es compatible con el interruptor.

CB: CB7

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 220 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 630 | Amp Nominal: 800.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de disparo de estado sólido en baja tensión

MFR: Schneider Electric
Modelo: Micrologic 6.3 E/M (NSX)
Sensor: 500

		Ajuste de Fase			Ajuste de Tierra	
e largo plazo	Ir	500 A	LT Band	Class 5	Ig	0.200
					tg	0 sec
iempo-Corto	Isd	5.000				
	tsd	Fixed				
INST	Ii	Fixed				

CB: CB9

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 220 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 1400 | Amp Nominal: 1500.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#1

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 24.63 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 25.10 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.390 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#10

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#11

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#12

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#13

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#14

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#15

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#16

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#17

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#18

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#19

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CB-Campo#2

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#20

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#21

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#22

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#23

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#24

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#25

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#26

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#27

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#28

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#29

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#30

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#31

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#32

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#33

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#34

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#35

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#36

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#37

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#38

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#39

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#4

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#40

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#5

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#6

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBCampo#7

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#8

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBCampo#9

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#1

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 1.68 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.96 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.371 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#10

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#11

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#12

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#13

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#14

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#15

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#16

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#17

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#18

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#19

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#20

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#21

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#22

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#23

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#24

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#25

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#26

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#27

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#28

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#29

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#30

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#31

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#32

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#33

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#34

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#35

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#36

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#37

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#38

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#39

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#4

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#40

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#41

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#5

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#6

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

CB: CBInv#7

MFR: * | Tag #: | kA Trifásicos: 0.00 Asim. (Calc.)
Modelo: | Clase: 52.5 kA, 0.38 kV | kA LG: 0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño: 40 | Amp Nominal: 40.000 | kV base: 0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR: Cutler-Hammer | Disparo Térmico: 80
Modelo: EG (IEC) | Disparo Magnético Trip: FIXED
ID: 40

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Ajustes del Dispositivo de Protección

CB: CBInv#8

MFR:	*	Tag #:		kA Trifásicos:	0.00 Asim. (Calc.)
Modelo:		Clase:	52.5 kA, 0.38 kV	kA LG:	0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño:	40	Amp Nominal:	40.000	kV base:	0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR:	Cutler-Hammer	Disparo Térmico:	80
Modelo:	EG (IEC)	Disparo Magnético Trip:	FIXED
ID:	40		

CB: CBInv#9

MFR:	*	Tag #:		kA Trifásicos:	0.00 Asim. (Calc.)
Modelo:		Clase:	52.5 kA, 0.38 kV	kA LG:	0.00 Asim. (Calc.)
Tamaño:	40	Amp Nominal:	40.000	kV base:	0.000 (Calc.)

* Los datos obtenidos de la librería están modificados por el usuario.

Dispositivo de Disparo Termomagnético

MFR:	Cutler-Hammer	Disparo Térmico:	80
Modelo:	EG (IEC)	Disparo Magnético Trip:	FIXED
ID:	40		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis