

**MEMORIA DE CÁLCULOS DE ACUERDO A
LISTA DE CHEQUEO DE DISEÑO
DETALLADO DE ARTÍCULO 10.1.1 DEL RETIE**

**PROYECTO SOLAR FOTOVOLTAICO CASA
MADRIÑAN 9,72KWP**

ÍNDICE

- a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
- b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
- c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
- d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
- e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos. Para un análisis de riesgos de origen eléctrico, el diseñador debe hacer una descripción de los factores de riesgos potenciales o presentes en la instalación y las recomendaciones para minimizarlos.
- f. Análisis del nivel tensión requerido.
- g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1.
- h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.
- i. Cálculo del sistema de puesta a tierra.
- j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
- k. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.
- l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.
- m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.
- n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).
- o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- p. Cálculos de regulación.
- q. Clasificación de áreas.
- r. Elaboración de diagramas unifilares.
- s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.



- t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.
- u. Establecer las distancias de seguridad requeridas.
- v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.
- w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

ANEXOS

- b. Memoria de análisis de coordinación de aislamiento - Protección interna tipo DPS en punto de acoplamiento común del sistema en AC.
- d. Memoria de análisis de riesgos de descargas atmosféricas
- e. Memoria de análisis de riesgos eléctricos.
- h. Memoria de cálculo del sistema solar interactivo en simulación.

**MEMORIA DE CÁLCULOS DE ACUERDO A LISTA DE CHEQUEO DE DISEÑO
DETALLADO DE ARTÍCULO 10.1.1 DEL RETIE – PROYECTO SOLAR
FOTOVOLTAICO CASA MADRIÑAN 9,72KWP**

a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos – APLICA.

Las cargas existentes corresponden a la distribución interna de la vivienda y fueron preestablecidas en la construcción de la misma. Los equipos microinversores tienen un THD máximo de 3% individual en corriente y cuenta con factor de potencia 0.99. La mayor cantidad de carga del usuario por ser de tipo residencial se ve reflejada en iluminación, aires acondicionados, electrodomésticos, equipos de cómputo y algunos motores de uso limitado (como bombeo doméstico), que en toda la demanda sumada a la sincronización y entrada del sistema solar fotovoltaico no deben superar el 15% de distorsión. Es muy poco probable que la demanda en su punto máximo donde se registrará el mayor valor de distorsión, se dé simultáneamente con el mayor valor de producción solar, que en toda la demanda sumada a la sincronización y entrada del sistema solar fotovoltaico no deben aportar un contenido mayor de distorsión.

CÁLCULO DE ARMÓNICOS EN CORRIENTE				
EQUIPO	In (A)	THD (%)	Iarm (A)	In ≥ 115% Iarm
MICRO 1	5,77	0,03	5,7726	CUMPLE
MICRO 2	5,77	0,03	5,7726	CUMPLE
MICRO 3	5,77	0,03	5,7726	CUMPLE
MICRO 4	5,77	0,03	5,7726	CUMPLE
MICRO 5	5,77	0,03	5,7726	CUMPLE
MICRO 6	5,77	0,03	5,7726	CUMPLE
TOTAL	34,62	0,03	34,6356	CUMPLE

Se demuestra que el aporte por equipo de THD no supera el 15%, además que la corriente armónica se calculó teniendo en cuenta el factor de potencia, no se ve la necesidad de sobre dimensionar el conductor neutro para compensación de problemas de calidad de la energía y no se afecta la instalación interna existente. De igual manera se sugiere el análisis de redes anterior y posterior a la instalación del sistema.

b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico – APLICA.

De acuerdo con el Anexo E de la NTC4552-1, la definición de Aislamiento: “Es la separación de dos o más superficies conductoras por medio de un dieléctrico (incluyendo el aire), ofreciendo una alta resistencia al paso de la corriente.” Para el cumplimiento de esta condición se recurre a la revisión de los envolventes de

los equipos asociados a la instalación eléctrica en conjunto con la aplicación del capítulo 13 del Retie y a la sección 110 de la NTC2050, de las cuales se anexan detalles en el plano. Además, en la clasificación de los equipos usados frente a la tabla E.3 de la NTC4552-1. Nivel básico de impulso (BIL) de equipos de acuerdo a su ubicación en las instalaciones:

Tabla E.3. Tensión al impulso que deben soportar los equipos

Nivel de tensión de operación de los equipos V	BIL requerido en (kV)			
	Contadores	Tableros, interruptores, cables, etc.	Electrodomésticos, herramientas portátiles	Equipo electrónico
	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
120 – 240 ; 120 / 208	4	2,5	1,5	0,8
254 / 440 ; 277 / 480	6	4	2,5	1,5

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS EN LA INSTALACIÓN	APLICA	NO APLICA	TENSIÓN DE OPERACIÓN (V)	CATEGORÍA	BIL (KV)
CONTADORES	X		208	IV	4
TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	X		208	III	2,5
PROTECCIONES EN BT	X		208	III	2,5
CONDUCTORES (CABLES)	X		208	III	2,5
ELECTRODOMÉSTICOS	X		120	II	1,5
HERRAMIENTAS PORTÁTILES	X		120	II	1,5
EQUIPOS ELECTRÓNICOS	X		120	I	0,8

Se anexa se adjunta el análisis de protección interna con DPS para el punto de acoplamiento común en anexo b. Además, se ilustra en plano el detalle de los espacios de trabajo de acuerdo a la sección 110 de la NTC2050.

c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra – APLICA

Para determinar el nivel mínimo de ruptura del interruptor se toma como referencia la potencia se salida máxima de la suma de los microinversores:

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO - CORTE PROTECCIÓN		
lcc trifásica o de descarga de los DPS's	10000	A
KVA Base	7,2	KVA
I Base	34,62	A
Z Transformador	0,045	
Vbase	13,2	KV
Zc pu = KVA Base / Pcc	5,45E-05	
Z total = Ztrans + Zc	0,045054545	
lcc= lbase / Ztotal	768,2994971	A
lcc ASIM = lcc x 1,25	960	A
Capacidad mínima del interruptor a 208V	4	KA C.I

Los interruptores usados en la instalación tienen capacidad de ruptura de 4 y10 KA para un nivel de tensión de 208-240V, de acuerdo a la referencia comercial más cercana a la calculada.

d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos – NO APLICA

Se cita el alcance de las instalaciones que requieren del análisis de nivel de riesgo por rayos de acuerdo al Retie 16.1: *“También deben contar con una evaluación del nivel de riesgo por rayo, las instalaciones de uso final donde se tenga alta concentración de personas, tales como: Edificaciones de viviendas multifamiliares, edificios de oficinas, hoteles, centros de atención médica, lugares de culto, centros educativos, centros comerciales, industrias, supermercados, parques de diversión, prisiones, aeropuertos, cuarteles, salas de juzgados, salas de baile o diversión, gimnasios, restaurantes, museos, auditorios, boleras, salas de clubes, salas de conferencias, salas de exhibición, salas de velación, lugares de espera de medios de transporte masivo. Igualmente aplica a edificaciones aisladas, edificaciones con alturas que sobresalgan sobre las de su entorno y donde se tenga conocimiento de alta densidad de rayos.”* Se distingue entonces que esta edificación no hace parte del alcance que requiera el análisis y/o diseño de una solución de apantallamiento contra rayos. Aun así, se hace instalación de sistema de protección DPS, calculado de acuerdo al requerimiento de análisis de aislamiento del literal b.

e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos. Para un análisis de riesgos de origen eléctrico, el diseñador debe hacer una descripción de los factores de riesgos potenciales o presentes en la instalación y las recomendaciones para minimizarlos - APLICA

Se adjunta a este documento en anexo E.

f. Análisis del nivel tensión requerido – APLICA

De acuerdo al Artículo 12 “Clasificación de los niveles de tensión”, se aplican los literales:

- d. Baja tensión (BT): Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000V.

El nivel de tensión en el circuito de fuente fotovoltaica es 46VDC en circuito abierto. El nivel de tensión del circuito de salida del inversor es de 240-220VAC, conforme a la sincronización con la red de distribución a la que se conecta el sistema, al requerimiento de las cargas a instalar y a lo citado en el artículo 20.3.10 del Retie “*En unidades de vivienda o similares no se permite la conexión de sistemas solares a más de 220 V.*”

g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 – NO APLICA

No se superan los 1000A de transporte de corriente en conductores activos para requerir la medición.

h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga – APLICA

Este literal va ligado al literal a. Se anexan documentos de memorias de cálculo del sistema interactivo como homólogo de cálculo de transformador.

i. Cálculo del sistema de puesta a tierra – APLICA

Se realizó de acuerdo a art y tabla 250-122 de la NTC2050. Para el caso del conductor de protección de equipos se tuvo en cuenta lo citado en el artículo 250-122: “*Cuando un conductor sencillo de puesta a tierra de equipos vaya con circuitos múltiples en el mismo conducto o cable, su calibre se debe determinar de acuerdo con el mayor dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja a los conductores del mismo conducto o cable.*”. Se dejan estas referencias en el diagrama unifilar y esquemas de conexión.

j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía – APLICA

Se anexa cálculo relacionado con conductor de circuito de salida del inversor, teniendo en cuenta el tiempo diario de utilización de los sistemas y un valor promedio de kWh del servicio de energía que paga el cliente.

CÁLCULO DE ACOMETIDA POR PÉRDIDAS ECONÓMICAS		
Conductor escogido	6	Cu
Tarifa promedio pagada por energía	563	\$/kWh
Costo del conductor por kg de peso	12.000	\$/kg
Tiempo de servicio max del conductor	1.625	h/año
Interés corriente % anual efectivo	22	%
% carga max estimado en conductor	42	%
Área mínima calculada del cond (Ac)	12,97	mm ²
Área del cond escogido Ae (Ae>Ac)	13,29	mm ²
Verificación de cumplimiento	CUMPLE	

k. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente – APLICA

Se anexan cálculos relacionados con el conductor del circuito de salida del inversor y del punto de acoplamiento común. De igual manera, el fabricante de conductores, por medio de la ficha técnica, confirma los datos requeridos.

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO - CONDUCTOR		
Icc o de descarga de los DPS's	40000	A
Tiempo de duración de la falla	0,5	Segs
Tmax de operación del conductor	60	°C
Tmax en Ccto sin daño al aislamiento	160	°C
Conductor escogido	6	Cu
Área del conductor escogido Ae	13,29	mm ²
Cantidad de hilos por conductor	1	#
Constante <i>k</i> por material de conductor	341	
Constante λ por material de conductor	234	
Icc calculada para conductor escogido	2285,34	A
Icc de acuerdo a tiempo (UNE20460-4-43)	2602	A
Verificación de cumplimiento (Ae>Ac)	CUMPLE	

CÁLCULO DE CONDUCTOR BT EN AC POR DEMANDA	
Potencia (VA)	7.200
Corriente de carga (A)	34,62
Amp x Fact.Seg (1,25)	43,3
Conductor escogido	6
Corriente nominal del conductor (A)	55 Cu
Factor temperatura a 60°C	31-35°C 0,94
Factor de agrupamiento (ducto)	1 - 3 1,00
Corriente máxima de conductor (A)	51,7
Número de hilos por fase (A)	1
Corriente por hilo conductor (A)	43,27
Verificación de cumplimiento	CUMPLE

VERIFICACIÓN PC MÁXIMO 120% DE BARRAJE DE ACUERDO A ART 705.12(B)(2)(3)(b)					
I _{max} Inversor (A)	OCPD principal	I Barraje (A)	120% I Barraje (A)	I min PC	Verificación
35	100	250	300	143,75	CUMPLE

I. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos – APLICA

Se anexa layout de estructura en el plano y ficha técnica de los accesorios utilizados que ha recomendado el fabricante en su propuesta de acuerdo al tipo de cubierta y las consideraciones de tipo estructural. Se sugiere que adicionalmente, el constructor y el cliente se apoyen en el cálculo y recomendaciones que realice un especialista estructural.

m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A – APLICA

Se calculan las protecciones teniendo en cuenta las características de cumplimiento con la máxima corriente a transportar y lo descrito en la sección 240 "Protección contra sobrecorriente" de la NTC2050 para Corriente Alterna. En el caso de la protección de la carga de acuerdo a IEC 60947-2, los interruptores sugeridos son de categoría "A" con selectividad amperimétrica. Se dejan estas referencias en el diagrama unifilar y esquemas de conexión.

CÁLCULO DE PROTECCIÓN RAMALES	
Potencia (VA)	3.600
Corriente (A)	17,3
Amp x Fact.Seg (1,25)	21,6
Breaker totalizador escogido (A)	32

CÁLCULO DE PROTECCIÓN PDI LADO CARGA	
Potencia (VA)	7.200
Corriente (A)	34,6
Amp x Fact.Seg (1,25)	43,3
Breaker totalizador escogido (A)	50

n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.) – APLICA

CÁLCULO DE DUCTO TUBULAR MÍNIMO PARA TSSF A TABLERO PRINCIPAL					
Calibre	Calibre mm2	Diámetro con aislamiento en mm2	Tipo y uso del conductor	Cantidad de conductores	Espacio total ocupado
10	5,25	11,76	THHN, THWN	1	11,76
6	13,29	28,65	THHN, THWN	2	57,3
Diámetro (mm) total de conductores alojados en ducto					69,06
Ducto mínimo escogido		Tubo conduit tipo IMC		1-1/2"∅	573

CÁLCULO DE DUCTO TUBULAR MÍNIMO PARA TSSF A TABLERO PRINCIPAL					
Calibre	Calibre mm2	Diámetro con aislamiento en mm2	Tipo y uso del conductor	Cantidad de conductores	Espacio total ocupado
10	5,25	11,76	THHN, THWN	1	11,76
6	13,29	28,65	THHN, THWN	2	57,3
Diámetro (mm) total de conductores alojados en ducto					69,06
Ducto mínimo escogido		Tubo conduit tipo EMT		1-1/2"∅	526

CÁLCULO DE DUCTO TUBULAR MÍNIMO PARA TSSF A TABLERO PRINCIPAL					
Calibre	Calibre mm2	Diámetro con aislamiento en mm2	Tipo y uso del conductor	Cantidad de conductores	Espacio total ocupado
10	5,25	11,76	THHN, THWN	1	11,76
6	13,29	28,65	THHN, THWN	2	57,3
Diámetro (mm) total de conductores alojados en ducto					69,06
Ducto mínimo escogido		Tubo conduit PVC tipo A		1-1/2"∅	599,74

Para el cálculo de ocupación de ductos tubulares se realizó de acuerdo a la tabla 1 del capítulo 9 de la NTC2050 y los datos del fabricante.

o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia – APLICA

Se anexa cálculo relacionado con el alimentador del sistema solar fotovoltaico. El resto de cálculos de pérdidas se relacionan en el documento anexo de cálculo del sistema interactivo.

CÁLCULO DE ACOMETIDA POR PÉRDIDAS DE ENERGÍA		
Conductor escogido	6	Cu
Tiempo de servicio del conductor	1.625	h/año
% carga estimado en el conductor	42	%
Longitud del conductor escogido	110	m
Resistividad del conductor escogido	1,61E-03	Ω/m
Pérdidas por efecto Joule	3.829	W/h/año
Área mínima calculada del cond (Ac)	12,97	mm ²
Área del cond escogido Ae (Ae>Ac)	13,29	mm ²
Verificación de cumplimiento	CUMPLE	

p. Cálculos de regulación – APLICA

CÁLCULO DE CONDUCTOR POR CRITERIO DE REGULACIÓN EN BT AC EN ALIMENTADOR										
Ubicación		# de hilos	Longitud	Carga	Momento	Conductor	K	K / # de hilos	% Regulación	
Desde	Hasta	x fase	mts	KVA	eléctrico	15KV	Conductor		Parcial	Total
T SSFV	T PPAL	1	100	7,2	720	6	6,66E-03	0,00666120	4,796	4,796

q. Clasificación de áreas – NO APLICA

No hay instalaciones con áreas clasificadas en el alcance de esta obra.

r. Elaboración de diagramas unifilares – APLICA

Se anexa en plano.

s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción – APLICA

Se anexa en plano en la planta y en los detalles de construcción.

t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares – APLICA

Se anexa en plano en las notas.

u. Establecer las distancias de seguridad requeridas – APLICA

El constructor debe hacer demarcación de los límites de aproximación restringida de acuerdo al artículo 13 del Retie, en el frente de los equipos del sistema. Los aplicables de esta bibliografía se anexan en los detalles y en la planta del plano.

v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación – NO APLICA

No hay desviación de la normativa vigente en el alcance de esta obra.

w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas – NO APLICA

No se requieren estudios adicionales en el alcance de esta obra.

El diseñador queda exonerado de cualquier responsabilidad si estos cálculos y distribuciones son alterados o modificados sin autorización previa escrita en su diseño y construcción original por el cliente, propietario del proyecto o terceros. No se permite su empleo o reproducción total o parcial con fines distintos al contratado. Declaro que el contenido total de este documento es cierto y se encuentra soportado con los cálculos anexos.

Atentamente,

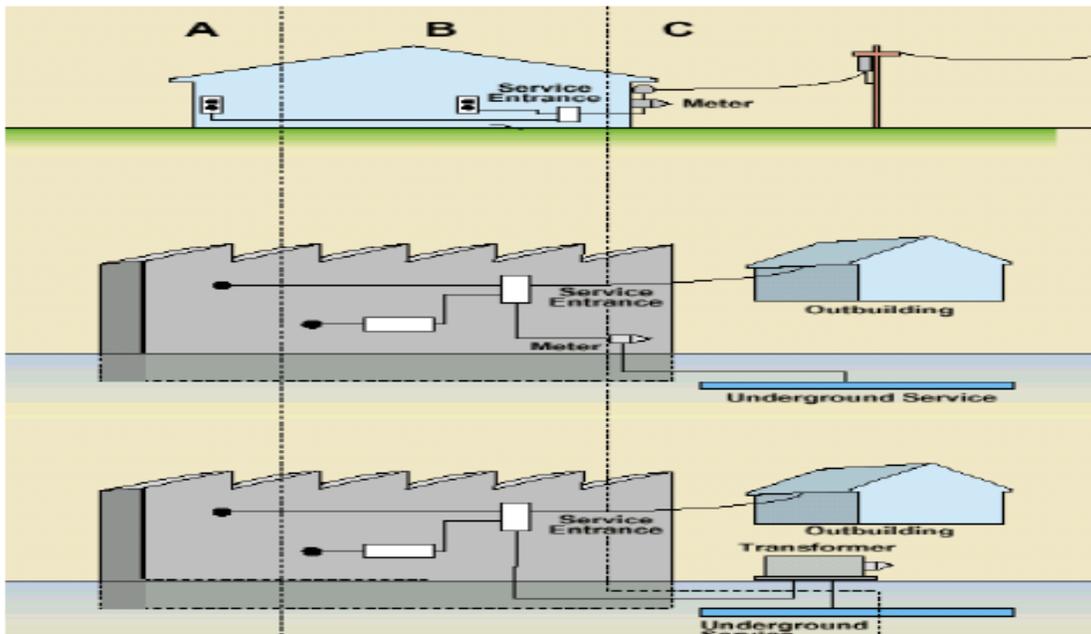


AT 205-56136

Maikol Meza Charris
Ingeniero eléctrico
Mat. Prof: AT205-56136
C.C: 72'342.433 de Barranquilla

ANEXO D. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO - ANÁLISIS DE PROTECCIÓN INTERNA TIPO DPS EN PUNTO DE ACOPLAMIENTO COMÚN DEL SISTEMA EN AC

GUIA SELECCIÓN DE SUPRESORES DE TRASIENTOS PARA SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA BASADO EN NORMA IEEE - 62.41			
SITIO DONDE SE CONSTRUYE EL PROYECTO:	Cali		
ZONA DONDE SE CONSTRUYE EL PROYECTO:	URBANO		
ALTURA RESPECTO A OTRAS CONSTRUCCIONES	MEDIANO		
TIPO DE ACOMETIDA	INDEPENDIENTE		
HISTORIA DE DISTRUBIOS EN EL SECTOR	OCACIONALES		
IMPORTANCIA DEL EQUIPO A PROTEGER	MEDIO		
COSTO DE REPARACIÓN DEL EQUIPO	MODERADA		
NIVEL DE EXPOSICIÓN NORMA IEEE 62 - 41	NIVEL B (DISTRIBUCIÓN)		
INDICE DE EXPOSICIÓN CALCULADO	39	KA DEL SUPRESOR REQUERIDO	120 KA 80 KA



Se debe consultar las capacidades sugeridas de equipos existen en referencias comerciales y existencias. Se pueden instalar referencias cercanas a las sugeridas. Si se va a acoplar un sistema solar fotovoltaico interactivo con la red, se debe tener en cuenta la referencia de supresor a la salida en AC de tipo B.

Maikol Meza Charris

AT 205-56136

Maikol Meza Charris
Mat. Prof: AT205-56136

ANEXO E. ANÁLISIS DE RIESGOS ELÉCTRICOS

MATRIZ DE RIESGO ELECTRICO 9,72KWP CASA MADRIÑAN DE ACUERDO A ARTÍCULOS RETIE 9.2 A 9.4						
UBICACIÓN	CONDICION		ARCO ELECTRICO			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	APLICA	NO APLICA	TIPO DE RIESGO:		POTENCIAL	
			PERDIDAS ECONOMICAS	PERDIDAS VIDAS HUMANAS	DAÑO MEDIO AMBIENTAL	
CAMPO FOTOVOLTAICO	X		1E	1E	1E	Cuadrilla especializada de trabajo en montaje y/o mantenimiento, uso de EPP, distancias de seguridad, recubrimiento de partes vivas expuestas o trabajo en frío, minimizar carga en apertura de circuitos y solo abrir circuito en horas nocturnas
REDES DE DISTRIBUCIÓN EXTERNAS	X		1E	1E	1E	Cableado de aislamiento correcto y conexionado correcto, personal autorizado y capacitado en montaje y/o mantenimiento de redes en baja tensión, uso de EPP, aplicación de distancias de seguridad y límites de aproximación seguro, señalización
TABLERO TIPO PANEL BOARD	X		1E	1E	1E	Personal autorizado y capacitado en montaje y/o mantenimiento, uso de EPP categoría de acuerdo a estudio de arco, distancias de seguridad, señalización de estudio de arco en tablero, demarcación de límite de aproximación restringida de acuerdo a Retie 13.4i y tabla 13.7 del Retie en el recinto
UBICACIÓN	CONDICION		EQUIPO DEFECTUOSO			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	APLICA	NO APLICA	TIPO DE RIESGO:		POTENCIAL	
			PERDIDAS ECONOMICAS	PERDIDAS VIDAS HUMANAS	DAÑO MEDIO AMBIENTAL	
CAMPO FOTOVOLTAICO	X		1E	1E	1E	Verificación de documentación de garantía y protocolos de pruebas de equipos, conexionado e instalación de equipos de acuerdo a recomendaciones de fábrica y normativa técnica vigente
REDES DE DISTRIBUCIÓN EXTERNAS	X		1E	1E	1E	Verificación de documentación de garantía y protocolos de pruebas de equipos, conexionado e instalación de equipos de acuerdo a recomendaciones de fábrica y normativa técnica vigente
TABLERO TIPO PANEL BOARD	X		1E	1E	1E	Garantía de equipos, conexionado e instalación de equipos de acuerdo a recomendaciones de fábrica y normativa técnica vigente

MATRIZ DE RIESGO ELECTRICO 9,72KWP CASA MADRIÑAN DE ACUERDO A ARTÍCULOS RETIE 9.2 A 9.4						
UBICACIÓN	CONDICION		CONTACTO DIRECTO			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	APLICA	NO APLICA	TIPO DE RIESGO:		POTENCIAL	
			PERDIDAS ECONOMICAS	PERDIDAS VIDAS HUMANAS	DAÑO MEDIO AMBIENTAL	
CAMPO FOTOVOLTAICO	X		1E	1E	1E	Controlado con la ubicación de instalación de los equipos en cubierta para evitar manipulación de personas no autorizadas y el aterrizaje del sistema
REDES DE DISTRIBUCIÓN EXTERNAS	X		1E	1E	1E	Controlado con el aislamiento de los conductores y partes energizadas con sistemas portacables y cerramiento de equipos
TABLERO TIPO PANEL BOARD	X		1E	1E	1E	Personal autorizado y capacitado en montaje y/o mantenimiento, uso de EPP, distancias de seguridad, señalización, correcto dimensionamiento de protecciones y SPT, mantener el aislamiento de equipos
UBICACIÓN	CONDICION		SOBRECARGA DE CIRCUITOS			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	APLICA	NO APLICA	TIPO DE RIESGO:		POTENCIAL	
			PERDIDAS ECONOMICAS	PERDIDAS VIDAS HUMANAS	DAÑO MEDIO AMBIENTAL	
CAMPO FOTOVOLTAICO	X		1E	1E	1E	Correcto dimensionamiento de cableado, equipos, protecciones y SPT, mantener el aislamiento de equipos y aparatos
REDES DE DISTRIBUCIÓN EXTERNAS	X		1E	1E	1E	Correcto dimensionamiento de cableado, equipos, protecciones y SPT, mantener el aislamiento de equipos y aparatos
TABLERO TIPO PANEL BOARD	X		1E	1E	1E	Correcto dimensionamiento de cableado, equipos, protecciones y SPT, mantener el aislamiento de equipos y aparatos, sugerir correctos hábitos de consumo y demanda, verificar el estado de los componentes de los equipos y/o electrodomésticos

MATRIZ DE RIESGO ELECTRICO 9,72KWP CASA MADRIÑAN DE ACUERDO A ARTÍCULOS RETIE 9.2 A 9.4						
UBICACIÓN	CONDICION		CONTACTO INDIRECTO			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	APLICA	NO APLICA	TIPO DE RIESGO:		POTENCIAL	
			PERDIDAS ECONOMICAS	PERDIDAS VIDAS HUMANAS	DAÑO MEDIO AMBIENTAL	
CAMPO FOTOVOLTAICO	X		1E	1E	1E	Controlado con la ubicación de instalación de los equipos en cubierta para evitar manipulación de personas no autorizadas y el aterrizaje del sistema
REDES DE DISTRIBUCIÓN EXTERNAS	X		1E	1E	1E	Controlado con el aislamiento de los conductores y partes energizadas con sistemas portacables, el cerramiento de equipos además del correcto dimensionado y montaje del SPT
TABLERO TIPO PANEL BOARD	X		1E	1E	1E	Personal autorizado y capacitado en montaje y/o mantenimiento, uso de EPP, distancias de seguridad, señalización, correcto dimensionamiento de protecciones y SPT, mantener el aislamiento de equipos, verificar el estado de los componentes de los equipos y/o electrodomésticos
UBICACIÓN	CONDICION		TENSION DE CONTACTO			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	APLICA	NO APLICA	TIPO DE RIESGO:		POTENCIAL	
			PERDIDAS ECONOMICAS	PERDIDAS VIDAS HUMANAS	DAÑO MEDIO AMBIENTAL	
CAMPO FOTOVOLTAICO	X		1E	1E	1E	Controlado con la ubicación de instalación de los equipos en cubierta para evitar manipulación de personas no autorizadas además del correcto dimensionado y montaje del SPT
REDES DE DISTRIBUCIÓN EXTERNAS	X		1E	1E	1E	Controlado con el aislamiento de los conductores y partes energizadas con sistemas portacables, el cerramiento de equipos además del correcto dimensionado y montaje del SPT
TABLERO TIPO PANEL BOARD	X		1E	1E	1E	Correcto dimensionamiento de cableado, equipos, protecciones y SPT, mantener el aislamiento de equipos y aparatos, señalización, distancias de seguridad

MATRIZ DE RIESGO ELECTRICO 9,72KWP CASA MADRIÑAN DE ACUERDO A ARTÍCULOS RETIE 9.2 A 9.4						
UBICACIÓN	CONDICION		CORTOCIRCUITO			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	APLICA	NO APLICA	TIPO DE RIESGO:		POTENCIAL	
			PERDIDAS ECONOMICAS	PERDIDAS VIDAS HUMANAS	DAÑO MEDIO AMBIENTAL	
CAMPO FOTOVOLTAICO	X		1E	1E	1E	Controlado con el aislamiento conductores con sistemas portacables y cerramiento de equipos, la correcta polaridad en instalación, las protecciones calculadas además del correcto dimensionado y montaje del SPT
REDES DE DISTRIBUCIÓN EXTERNAS	X		1E	1E	1E	Controlado con el aislamiento conductores con sistemas portacables y cerramiento de equipos, la correcta polaridad en instalación, las protecciones calculadas además del correcto dimensionado y montaje del SPT
TABLERO TIPO PANEL BOARD	X		1E	1E	1E	Personal autorizado y capacitado en montaje y/o mantenimiento, uso de EPP, distancias de seguridad, señalización, correcto dimensionamiento de protecciones y SPT, mantener el aislamiento de equipos
UBICACIÓN	CONDICION		TENSION DE PASO			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	APLICA	NO APLICA	TIPO DE RIESGO:		POTENCIAL	
			PERDIDAS ECONOMICAS	PERDIDAS VIDAS HUMANAS	DAÑO MEDIO AMBIENTAL	
CAMPO FOTOVOLTAICO	X		1E	1E	1E	Controlado con la ubicación de la instalación de los equipos en cubierta, la correcta polaridad en instalación, las protecciones calculadas además del correcto dimensionado y montaje del SPT
REDES DE DISTRIBUCIÓN EXTERNAS		X	NA	NA	NA	NA
TABLERO TIPO PANEL BOARD		X	NA	NA	NA	NA

MATRIZ DE RIESGO ELECTRICO 9,72KWP CASA MADRIÑAN DE ACUERDO A ARTICULOS RETIE 9.2 A 9.4						
UBICACIÓN	CONDICION		ELECTRICIDAD ESTATICA			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	APLICA	NO APLICA	TIPO DE RIESGO:		POTENCIAL	
			PERDIDAS ECONOMICAS	PERDIDAS VIDAS HUMANAS	DAÑO MEDIO AMBIENTAL	
CAMPO FOTOVOLTAICO	X		1E	NA	1E	Correcto dimensionamiento y montaje del SPT
REDES DE DISTRIBUCIÓN EXTERNAS	X		1E	NA	1E	Correcto dimensionamiento y montaje del SPT
TABLERO TIPO PANEL BOARD	X		1E	NA	1E	Correcto dimensionamiento y montaje de SPT

RIESGO A EVALUAR:	por _____ (al) o (en) _____									
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)	FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)	FUENTE (Ej: Celda de 13,8 kV)							
POTENCIAL <input type="checkbox"/>		REAL <input type="checkbox"/>	FRECUENCIA							
C O N S E C U E N C I A S	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E No ha ocurrido en el sector	D Ha ocurrido en el sector	C Ha ocurrido en la Empresa	B Sucede varias veces al año en la Empresa	A Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños Importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador: _____ MP: _____ Fecha: _____										

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades.

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo

ANEXO H. CÁLCULO DE TRANSFORMADORES – SIMULACIÓN DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO INTERACTIVO CASA MADRIÑAN 9,72KW

PVSYST V6.81		07/09/20	Página 1/4
Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación			
Proyecto : CARLOS MADRIÑAN			
Sitio geográfico	Cali, Valle del Cauca	País	Colombia
Ubicación	Latitud 3.42° N	Longitud	-76.42° W
Tiempo definido como	Hora Legal Huso horario UT-5	Altitud	956 m
Datos meteorológicos:	cali, Valle del Cauca	SolarGIS Monthly aver. , period not spec. - Síntesis	
Variante de simulación : Nueva variante de simulación			
	Fecha de simulación	07/09/20 14h32	
Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación plano captador	Inclinación	15°	Acimut 90°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteorom
Horizonte	Sin horizonte		
Sombreados cercanos	Sin sombreado		
Necesidades del usuario :	Carga ilimitada (red)		
Características del conjunto FV			
Módulo FV	Si-mono	Modelo	CS1U - 405MS 1500V
Base de datos PVsyst original		Fabricante	Canadian Solar Inc.
Número de módulos FV		En serie	1 módulos
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	24
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	9.72 kWp
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	40 V
Superficie total		Superficie módulos	49.5 m ²
		En paralelo	24 cadenas
		Pnom unitaria	405 Wp
		En cond. de funciona.	8.84 kWp (50°C)
		I mpp	220 A
		Superficie célula	47.8 m ²
Inversor		Modelo	QS1
Base de datos PVsyst original		Fabricante	APsystems
Características	Voltaje de funcionam.	22-48 V	Pnom unitaria 1.20 kWac
Paquete de inversores	Núm. de inversores	6 unidades	Potencia total 7.2 kWac
			Relación Pnom 1.35
Factores de pérdida del conjunto FV			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m ² K	Uv (viento) 0.0 W/m ² K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado	Res. global conjunto	3.0 mOhm	Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de pérdidas -0.3 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos			Fracción de pérdidas 1.0 % en MPP
Pérdidas de "desajuste" cadenas			Fracción de pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, perfil definido por el usuario (IAM): Perfil personalizado			
	10°	20°	30°
	40°	50°	60°
	70°	80°	90°
	1.000	1.000	1.000
	0.990	0.990	0.970
	0.920	0.760	0.000

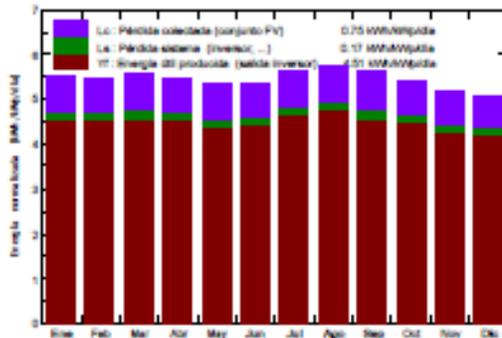
Sistema Conectado a la Red: Resultados principales

Proyecto : CARLOS MADRIÑAN
Variante de simulación : Nueva variante de simulación

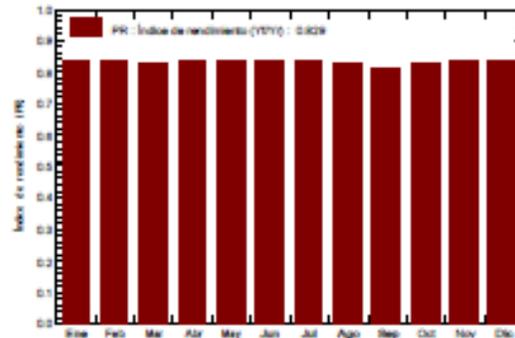
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	Inclinación	15°	acimut 90°
Módulos FV	Modelo	CS1U - 405MS 1500V	Pnom 405 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	24	Pnom total 9.72 kWp
Inversor	Modelo	QS1	Pnom 1200 W ac
Paquete de Inversores	Núm. de unidades	6.0	Pnom total 7.20 kW ac
Necesidades del usuario	Carga limitada (red)		

Resultados principales de la simulación			
Producción del sistema	Energía producida	15.98 MWh/año	Produc. específica 1644 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	82.92 %	

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 9.72 kWp



Índice de rendimiento (PR)



Nueva variante de simulación Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	
Enero	173.3	74.70	19.60	170.4	166.6	1.425	1.372	0.828
Febrero	157.8	73.60	19.80	153.2	149.7	1.289	1.241	0.834
Marzo	175.3	85.90	19.60	172.2	168.4	1.438	1.385	0.827
Abril	166.0	77.40	19.70	163.8	160.2	1.375	1.324	0.832
Mayo	167.4	76.60	20.00	164.4	160.6	1.380	1.329	0.831
Junio	161.0	71.40	20.30	159.7	156.1	1.345	1.295	0.834
Julio	176.4	74.10	20.70	173.8	170.0	1.461	1.406	0.833
Agosto	180.1	77.50	21.10	177.8	173.9	1.482	1.428	0.826
Septiembre	171.3	78.30	20.50	169.1	165.5	1.388	1.336	0.813
Octubre	171.9	77.50	19.70	167.6	164.0	1.401	1.349	0.828
Noviembre	158.3	72.60	19.20	154.1	150.6	1.291	1.243	0.830
Diciembre	161.5	71.60	19.39	156.9	153.2	1.325	1.275	0.837
Año	2020.3	911.19	19.97	1983.0	1938.7	16.602	15.983	0.829

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 DiffHor Irradiación difusa horizontal EArray Energía efectiva en la salida del conjunto
 T_Amb Temperatura Ambiente E_Grid Energía inyectada en la red
 GlobInc Global incidente plano receptor PR Índice de rendimiento

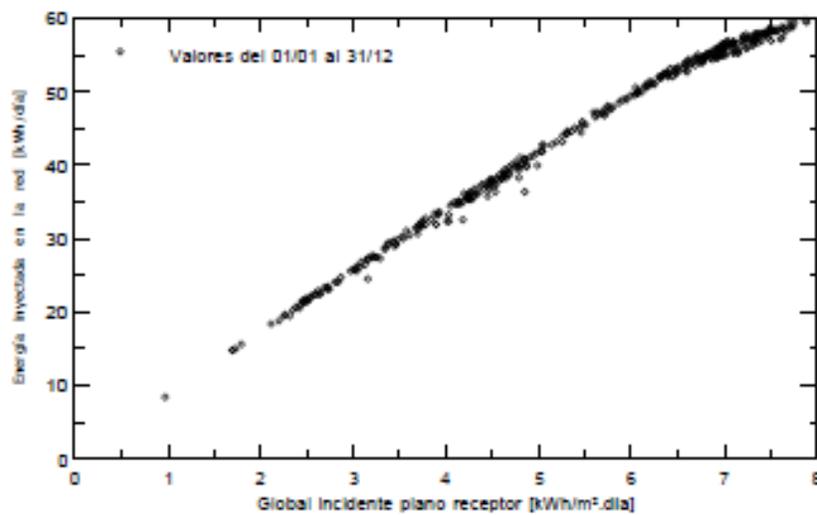
Sistema Conectado a la Red: Gráficos especiales

Proyecto : **CARLOS MADRIÑAN**

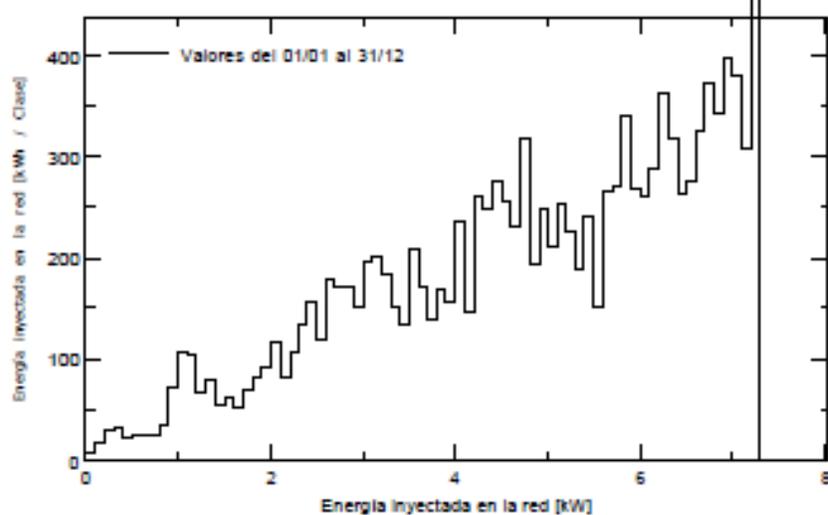
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados		
Orientación Campos FV	Inclinación	15°	acmut	90°
Módulos FV	Modelo	C-S1U - 405MS 1500V	Pnom	405 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	24	Pnom total	9.72 kWp
Inversor	Modelo	QS1	Pnom	1200 W ac
Paquete de Inversores	Núm. de unidades	6.0	Pnom total	7.20 kW ac
Necesidades del usuario	Carga Ilimitada (red)			

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de la potencia de salida del sistema



Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

Proyecto : CARLOS MADRIÑAN
Variante de simulación : Nueva variante de simulación

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut 90°
Módulos FV	Modelo	CS1U - 405MS 1500V	Pnom 405 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	24	Pnom total 9.72 kWp
Inversor	Modelo	QS1	Pnom 1200 W ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	6.0	Pnom total 7.20 kW ac
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

Diagrama de pérdida durante todo el año

