

MEMORIAS DE CÁLCULO DE SISTEMA ELECTRICO FV
V2_A

PROYECTO
JARDIN SANTA TERESITA BOGOTA DC

PROCESO URBANO

AGOSTO 2018

1 Contenido

2	INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO	- 3 -
2.1	DATOS GENERALES	- 3 -
2.2	OBJETO DEL PROYECTO	- 3 -
2.3	GENERALIDADES DEL PROYECTO	- 3 -
2.3.1	RED DE B.T	- 3 -
2.4	OSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	- 4 -
2.4.1	CRITERIOS GENERALES Y NORMATIVIDAD APLICABLE	- 4 -
2.5	DIMENSIONAMIENTO GENERADOR FV	- 5 -
2.5.1	RECURSO SOLAR	- 5 -
2.5.2	CALCULO DE GENERADOR.....	- 6 -
2.5.3	CALCULO INVERSOR	- 6 -
2.5.4	CÁLCULO DE CONDUCTORES Y ANÁLISIS DE CARGA PARA DC	- 7 -
2.5.5	CALCULO DE REGULACION EN DC	- 8 -
2.6	EVALUACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS NTC 4120.	- 9 -
3	Análisis económico	- 10 -

2 INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

2.1 DATOS GENERALES

NOMBRE DEL PROYECTO:	JARDIN INFANTIL SANTA TERESITA
DIRECCION DEL PROYECTO:	CALLE 61 SUR – TRANSVERSAL 15 ESTE
MUNICIPIO/DEPARTAMENTO:	BOGOTA DC - CUNDINAMARCA - COLOMBIA
OBJETO:	DISEÑO GENERADOR SOLAR FV
VOLTAJE PRIMARIO:	300-720 Vdc
VOLTAJE SECUNDARIO:	208/120 Vac

2.2 OBJETO DEL PROYECTO

Se planea el diseño de un generador solar fotovoltaico para el Jardín Santa Teresita de Bogotá DC, de tal manera que cumpla con los requerimientos del propietario y sea eficiente energéticamente, con el fin de suplir la demanda de energía requerida por el sistema de iluminación del proyecto y cumpla los requerimientos establecidos en la normativa eléctrica colombiana.

2.3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.3.1 RED DE B.T

La acometida irá desde el punto de conexión en la red de uso general existente, hasta el medidor ubicado en las instalaciones proyectadas.

Se pretende dimensionar y proyectar un sistema de generación fotovoltaica con el fin de generar un ahorro energético y contribuir con la protección del medio ambiente.

2.4 OSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

2.4.1 CRITERIOS GENERALES Y NORMATIVIDAD APLICABLE

- De acuerdo con las normas NEMA y ANSI no se permite el ingreso de varillas o cuerpos mayores de ½" de diámetro a través de las ventanas de ventilación, por lo que deben de tener grado de protección IP20.
- Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (Capítulos 2 y 3).
- Criterios de diseño del Ingeniero a cargo del proyecto eléctrico.
- Se consideran las normas existentes en CODENSA ESP y los criterios de Diseño.
- La red de BT se diseñará con cable de Cobre aislado o Aluminio en calibre ___ AWG-LIBRE DE HALOGENOS, 600V, Cu, 90°C; teniendo en cuenta las condiciones para acometidas subterráneas. Tales como las normas CODENSA S.A. AE-234, AE-235, AE-238 y la NTC 2050.
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE vigente. Resolución No. 18-1294 de Agosto 08 de 2013.
- Resolución CREG 070 y demás que apliquen.
- Ley 142 de servicios públicos domiciliarios

2.5 DIMENSIONAMIENTO GENERADOR FV

2.5.1 RECURSO SOLAR

Para el proyecto, se toman los datos meteorológicos de la base de datos **RETScreen**, situándonos en la estación más cercana ubicada en el aeropuerto el dorado.

Condiciones de referencia del sitio

Ubicación de datos meteorológicos
Colombia - Bogota/Eldorado

Localización de la instalación
Colombia - Bogota, D.C. - Bogota, D.C.

Leyenda

- Localización de la instalación
- Ubicación de datos meteorológicos

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Localización de la instalación	Fuente
Latitud		4,7	4,5	
Longitud		-74,1	-74,1	
Zona climática		4A - Mixto - Húmedo		
Elevación	m	2546	2977	Suelo+NASA
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	4,1		Suelo - Suelo
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	20,8		Suelo
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	8,4		NASA

Mes	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %	Precipitación mm	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m²/d	Presión atmosférica kPa	Velocidad del Viento m/s	Temperatura del suelo °C	Días-grado de calentamiento 18 °C °C-d	Días-grado de enfriamiento 10 °C °C-d
Enero	12,9	80,6%	88,18	5,01	75,7	2,2	20,6	158	90
Febrero	13,2	80,4%	108,40	4,66	75,7	2,2	21,4	134	90
Marzo	13,6	81,7%	160,09	4,47	75,7	2,2	21,4	136	112
Abril	13,8	82,8%	220,58	3,93	75,7	2,0	21,2	126	114
Mayo	13,8	82,6%	255,46	3,70	75,7	2,1	20,8	130	118
Junio	13,5	80,5%	175,28	3,79	75,8	2,5	20,2	135	105
Julio	13,1	78,9%	128,68	4,04	75,8	2,7	20,3	152	96
Agosto	13,1	78,5%	128,12	4,33	75,8	2,6	21,4	152	96
Setiembre	13,1	80,0%	165,10	4,31	75,7	2,2	22,1	147	93
Octubre	13,2	82,8%	238,72	4,33	75,7	2,0	21,4	149	99
Noviembre	13,4	84,0%	203,63	4,10	75,7	2,0	20,5	138	102
Diciembre	12,9	82,5%	134,09	4,55	75,7	2,3	20,2	158	90
Anual	13,3	81,3%	2.006,33	4,27	75,7	2,3	20,9	1.716	1.204
Fuente	Suelo	Suelo	NASA	Suelo	Suelo	Suelo	NASA	Suelo	Suelo
Medido a				m	10	0			

2.5.2 CALCULO DE GENERADOR

El generador solar fotovoltaico estará formado por 100 paneles solares según las siguientes características:

YGE 72CELL NH SERIES		
parametros electricos condiciones standart (STC)		
P out	310	300
V max	36,9	36,7
I max	8,41	8,17
O.C. V	46,4	46,3
S.C. I	8,89	8,77
STC: 1000W/m2 irradiance, 25°C module temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3. Average relative efficiency reduction of 5% at 200W/m2 according to EN 60904-1.		

YGE 72CELL NH SERIES		
parametros electricos condiciones NOMINALES (NOCT)		
P out	224,6	217,3
V max	33,5	33,4
I max	6,7	6,51
O.C. V	42,8	42,7
S.C. I	7,27	7,1
NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m2 irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.		

La energía generada al mes será:

$$E = P_{GFV} * HSS * N * Pr$$

$$E_{prom} = 3051,84 \text{ kw. h. mes (CARGAS DE ILUMINACION)}$$

E = energía; P_{GFV} = Potencia nominal generador fv; N = numero de dias del mes
 HSS = Horas de sol standart; P_r = factor de rendimiento (0,8 – 0,95)

(VER ANEXO CALCULO GENERADOR)

2.5.3 CALCULO INVERSOR

El factor de dimensionamiento para el inversor estará entre 0,8 y 1. Para este caso se proyecta un inversor de 15kw síncronos interconectados a la red, para conexión a la red de las siguientes características:

SYMO 20.0-3 208					
In DC	208 VAC	480 VAC			
Max PV (kw)	14 - 26		Max. recommended PV power (@ module STC)		
Max DC power (kw)	30				
Vmax DC	1000 V				
Vnom DC	720 V				
Vmin DC	200 v	200 v	Min. DC voltage / start voltage		
I _{max}	33 A	25A	Max. input current / per string		
# MPP	1/ 2 standard, extend to 3		Number of MPP trackers		
Output AC					
P.nom AC (kw)	20				
Pmax AC (kw)	24				
V _n	208	480			
V range	183-229	456-504			
Frec range (Hz)	60 ; +/- 1%				
I _{max} (A)	40	28,9			
f _p	(0-1) ajustable +/-				
Harmonics	< 1%				

$$F_{di} = \frac{P_{mi}}{P_{nG}} = \frac{22460 \text{ w}}{20000 \text{ w}} = 1,2$$

(VER ANEXO CALCULO GENERADOR)

2.5.4 CÁLCULO DE CONDUCTORES Y ANÁLISIS DE CARGA PARA DC

La corriente Nominal DC se calcula así para cada inversor:

$$V_{DC} = 720 \text{ V}$$


$$P_{T-DISEÑO} = 20 \text{ Kw}$$

$$I_n = \frac{P_{T-DISEÑO}}{V_{DC}} = \frac{20000}{720} = 27,77 [A]$$

Se instala un tablero de protección para la acometida DC.

Para el caso se selecciona fusible y protección del tablero de 30A.

Tablas de constantes de regulación de se tiene.

			CONSTANTES DE REGULACIÓN								
TIPO	APLIC	CALIBRE	R equiv	XL	K	In, aire	In, Subt.	Tensión de servicio	Material	SISTEMA	CONDUCTOR
		[AWG ó kcmil]	[Ω/ Km]	[Ω/ Km]	[% / kVA-m]	[A]	[A]	[V]			
Conductor Monopolar THW	Acometidas de BT subterráneas en ductos	500	0,07776	0,10695	2,65629E-04	-----	380	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		400	0,09720	0,10788	3,04584E-04	-----	335	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		350	0,11108	0,10890	3,35979E-04	-----	310	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		250	0,15551	0,11145	4,27666E-04	-----	255	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		4/0	0,18373	0,11076	4,81759E-04	-----	230	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		2/0	0,29215	0,11507	7,09272E-04	-----	175	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		1/0	0,36836	0,11758	8,64741E-04	-----	150	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		2	0,58578	0,11977	1,30761E-03	-----	115	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		4	0,93144	0,12524	2,01401E-03	-----	85	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		6	1,48120	0,13173	3,12320E-03	-----	65	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	
		8	2,35448	0,13908	4,92117E-03	-----	50	208/120	COBRE	3φ, 4 hilos	

Seleccionando conductor calibre 2 awg tenemos:

$$\text{Número de conductores} = \frac{27,77 [A]}{115 [A]} = 0,24 \approx 1$$

Acometida seleccionada

$$2x2 + 6T$$

2.5.5 CALCULO DE REGULACION EN DC

Se calcula la Regulación o caída de voltaje:

Caída de tension en sistemas DC	
Resistividad del cobre [ρ]:	0,015 $\frac{\Omega \times mm^2}{m}$
Distancia del tramo [L]:	180 m
<div> <div>Tipo de carga</div> <div> <input checked="" type="radio"/> Vatios <input type="radio"/> Amperio </div> </div>	20000 W
Voltaje del sistema [Vf]:	720 VDC
Calibre del cable:	2
Diámetro del cable:	7,42 mm
Area de cable [A]:	43,24 mm ²
Resistencia del cable	0,12 Ω
Corriente del sistema [In]:	27,7777778 A
Resistencia de carga	25,92 Ω
Voltaje en terminales [Vi]	716,55 VDC
Regulación [$\Delta V\%$]:	0,48 %

Diagrama de circuito: Fuente (Vf) --- Rc (Vc) --- Carga (load) (Vi)

$$V_i = \frac{R_l}{R_l + R_c} V_f$$

$R_c = 2 \frac{\rho L}{A}$; El 2 toma en cuenta el cable que va y el de retorno

$$R_l = \frac{V_f}{I_n}$$

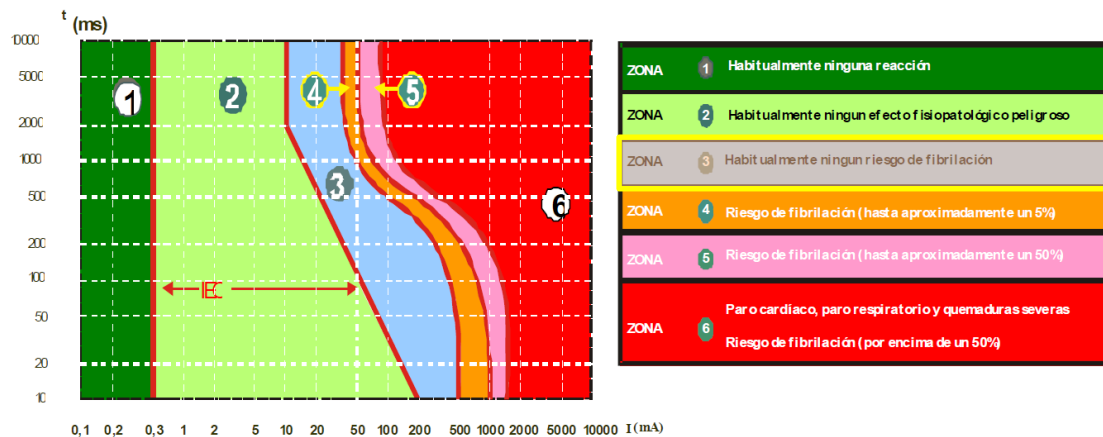
$$\Delta V\% = 100 \left[1 - \left(\frac{V_i}{V_f} \right) \right]$$

CARGA [Kw]	VOLTAJE DC [V]	I-DC[A]	DISTANCIA [m]	CONDUCTOR	RESISTENCIA Ω	REGULACIÓN
20	720	27,77	180	2x2	0,15	0,48%

2.6 EVALUACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS NTC 4120.

Según Art. 5.1 "Evaluación del Nivel de Riesgo" del RETIE, se debe tener en cuenta los criterios establecidos en las normas sobre la soportabilidad de la energía eléctrica para seres humanos tomados de la gráfica de la norma NTC 4120.

Encontramos que los equipos de protección y aislamiento a utilizar y de acuerdo al nivel de tensión asignado, se encuentran operando en la Zona 3 (habitualmente ningún riesgo de fibrilación).



MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS

GRAVEDAD \ FRECUENCIA	FRECUENCIA				
	FRECUENTE	POSIBLE	OCASIONAL	REMOTO	IMPROBABLE
SEVERA					
ALTA					
MODERADA					
BAJA					

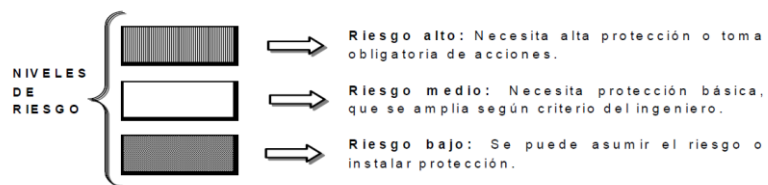


Figura 2. Matriz de análisis de riesgo

En conclusión, según cuadro anterior se seleccionó un NIVEL DE RIESGO BAJO, el cual necesita protección básica, que se amplía según criterio del ingeniero diseñador.

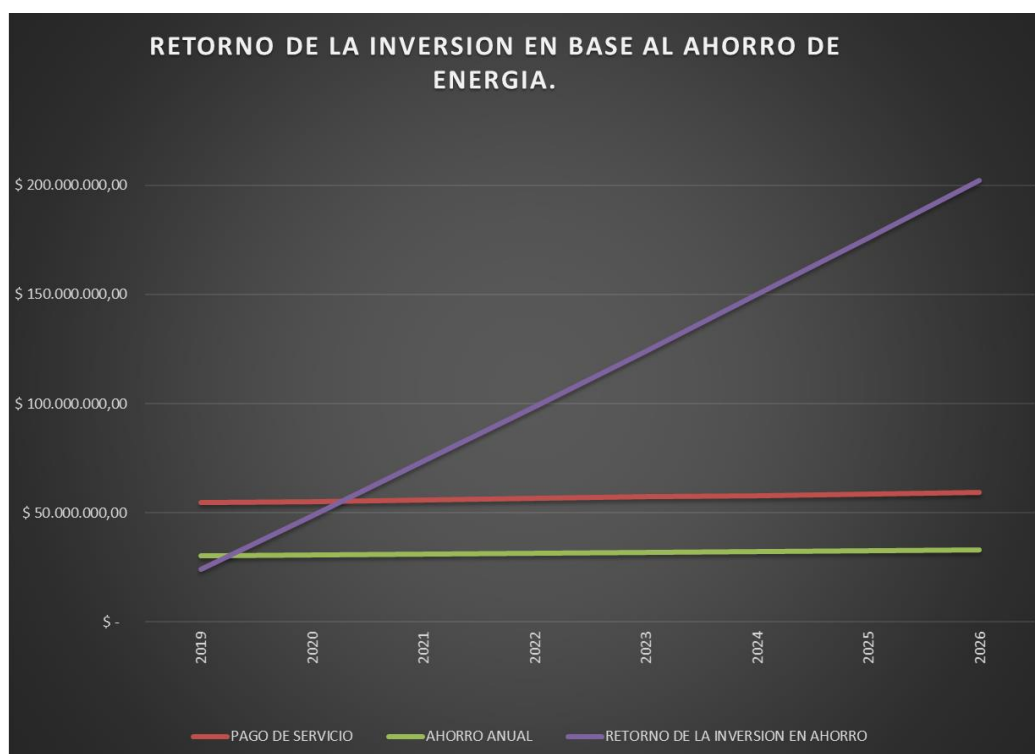
3 Análisis económico

La inversión inicial para tener un ahorro del 55,66% del total de consumo de iluminación es:

INVERSION INICIAL	\$	170.800.000,00
--------------------------	-----------	-----------------------

Teniendo en cuenta que el sistema de generación solar fotovoltaico está diseñado para una eficiencia y garantía de vida útil de 25 años, el retorno a la inversión en AHORRO ENERGÉTICO está previsto a un máximo de 3 años, teniendo un ahorro en el año aproximado de \$30.396.349,70 al año, con un promedio de \$2.533.000 al mes.

MES	ENERGIA MES [Kw.h.mes]	COSTO [\$.Kw.h]	COSTO MES NETO	ENERGIA GEN [Kw.h.m]	AHORRO	TOTAL CONSUMO MES
ENE.	5587,75	\$ 830,00	\$ 4.637.832,50	3026,64	\$ 2.512.113,04	\$ 2.125.719,46
FEB.	5047,00	\$ 830,00	\$ 4.189.010,00	2756,38	\$ 2.287.796,26	\$ 1.901.213,74
MAR.	5587,75	\$ 830,00	\$ 4.637.832,50	3089,31	\$ 2.564.123,66	\$ 2.073.708,84
ABR.	5407,50	\$ 830,00	\$ 4.488.225,00	2880,50	\$ 2.390.810,85	\$ 2.097.414,15
MAY.	5587,75	\$ 830,00	\$ 4.637.832,50	3045,44	\$ 2.527.716,23	\$ 2.110.116,27
JUN.	5407,50	\$ 830,00	\$ 4.488.225,00	3074,55	\$ 2.551.876,00	\$ 1.936.349,00
JUL.	5587,75	\$ 830,00	\$ 4.637.832,50	3427,69	\$ 2.844.981,02	\$ 1.792.851,48
AGO.	5587,75	\$ 830,00	\$ 4.637.832,50	3465,29	\$ 2.876.187,40	\$ 1.761.645,10
SEP.	5407,50	\$ 830,00	\$ 4.488.225,00	3201,90	\$ 2.657.575,01	\$ 1.830.649,99
OCT.	5587,75	\$ 830,00	\$ 4.637.832,50	3007,84	\$ 2.496.509,86	\$ 2.141.322,64
NOV.	5407,50	\$ 830,00	\$ 4.488.225,00	2801,66	\$ 2.325.378,13	\$ 2.162.846,87
DIC.	5587,75	\$ 830,00	\$ 4.637.832,50	2844,92	\$ 2.361.282,24	\$ 2.276.550,26
		total anual	\$ 54.606.737,50		\$ 30.396.349,71	\$ 24.210.387,79



AÑO	PAGO DE SERVICIO	AHORRO ANUAL	RETORNO DE LA INVERSION EN AHORRO
2019	\$ 54.606.737,50	\$ 30.396.349,71	\$ 24.210.387,79
2020	\$ 55.289.321,72	\$ 30.776.304,08	\$ 48.723.405,43
2021	\$ 55.971.905,94	\$ 31.156.258,45	\$ 73.539.052,92
2022	\$ 56.654.490,16	\$ 31.536.212,82	\$ 98.657.330,26
2023	\$ 57.337.074,38	\$ 31.916.167,19	\$ 124.078.237,44
2024	\$ 58.019.658,59	\$ 32.296.121,56	\$ 149.801.774,47
2025	\$ 58.702.242,81	\$ 32.676.075,93	\$ 175.827.941,35
2026	\$ 59.384.827,03	\$ 33.056.030,31	\$ 202.156.738,08
2027	\$ 60.067.411,25	\$ 33.435.984,68	\$ 228.788.164,65

En conclusión:

1. Los ahorros mensuales en el pago de servicio de energía eléctrica serán \$2'.533.000 aprox.
2. El sistema de generación tendrá una garantía de 25 años como mínimo.
3. Al final de su vida útil se habrá ahorrado un aproximado de \$759'908,742 pesos.
4. Con el tiempo será posible agregando capacidad al

generador FV aplicando a cargas de servicios de acuerdo con la necesidad y teniendo un historial de consumos de energía.