ANEXO 8 - DISEÑOS

1 NORMAS Y CÓDIGOS APLICABLES

Las características técnicas de los equipos, materiales e instalaciones deben cumplir con los requisitos técnicos establecidos en este Anexo, la reglamentación técnica descrita en las resoluciones de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), los lineamientos ambientales y de carácter legal a que haya lugar; se deberán considerar también las modificaciones vigentes a estas publicaciones, en la fecha de ejecución de los diseños y la construcción de las obras. La adopción de normas específicas para cada equipo o instalación deberá ser tal que con su aplicación no se incumpla en ningún caso el Código de Redes, ni los reglamentos técnicos que expida el Ministerio de Minas y Energía-MME. En caso de discrepancia entre lo definido en este documento y lo definido por la normatividad vigente, primará el requisito más exigente. De forma general, todos los equipos y materiales a suministrar deben cumplir con las normas aplicables y códigos publicados por las instituciones que se relacionan a continuación, según aplique.

ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
NTC Norma Técnica Colombiana.
NEC National Electrical Code
IEC International Electrotechnical Commission.
RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
IEEE The Institute of Electrical and Electronics Engineers**.**
UL Underwriters Laboratories
CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas

El Código o norma a que se refiera en esta especificación, significará el código o norma en su última revisión o modificación. Suministros, fabricación y/o pruebas realizadas basadas en otras Normas internacionales equivalentes, podrían ser aceptadas, siempre que ello sea acordado y establecido por escrito con el Contratante. Si el Proponente desea utilizar otros Códigos o Normas distintos a los señalados en esta especificación, deberá incluir en su cotización información suficiente para que el Contratante evalúe la aplicabilidad de dichos códigos o normas.

2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBRAS

2.1 Condiciones Generales

Los equipos, componentes y materiales, incluidos en el suministro e instalación, serán nuevos, de primera calidad, contar con certificado de producto RETIE y adecuados para dar cumplimiento y/o superar los requerimientos especificados y deberán corresponder a diseños normales del fabricante, con los cuales se tenga experiencia completamente satisfactoria, en usos y condiciones similares a las especificadas en este documento. Este requerimiento incluye el cumplimiento de los valores y características operacionales especificadas, disponibilidad, confiabilidad, calidad de los materiales, durabilidad del equipo en general, facilidades para mantenimiento, reparación, etc.

En el suministro e instalación no deberán omitirse partes o componentes requeridos, excepto los que sean específicamente señalados en estas especificaciones y/o en las Especificaciones Técnicas de los equipos.

Los equipos y componentes, en general, deberán ser diseñados para una operación continua y prolongada y en condiciones climáticas propias de la zona y de manera segura, teniendo especial consideración en las facilidades para su operación, inspección, limpieza, mantenimiento y reparación, de acuerdo con las condiciones de altura, climáticas y ambientales del lugar de instalación, las características particulares del sistema eléctrico para el cual prestarán servicio, la seguridad de las personas y la integridad física de los equipos e instalaciones.

2.2 Condiciones de Servicio

2.2.1 Condiciones de Operación

Los equipos deberán ser diseñados para operar sin limitaciones, a plena capacidad, en las condiciones ambientales, de altitud y humedad relativa existente en el lugar de instalación y en concordancia con las características del sistema eléctrico indicadas en el presente documento, y otros requerimientos particulares establecidos en las Especificaciones Técnicas de los equipos.

2.3 Características Constructivas

2.3.1 Galvanizado

Para los elementos galvanizados, el Contratista deberá suministrar con las especificaciones los métodos de galvanizado serán empleados cuando así se solicite. El galvanizado debe cumplir con las prescripciones de la publicación ISO 1459: "Metallic coatings protections against corrossion by hot dip galvanizing-Guiding principles", o equivalente.

2.3.2 Protección de Superficies

Todos los equipos y materiales de uso exterior serán diseñados e instalados de modo tal que no se produzca acumulación de agua en ninguna de sus partes y degradación por oxidación.

No se permitirá el uso de fundición de acero en piezas de equipos que se encuentren bajo tensión, o que estén sometidas a impactos.

Especial precaución se deberá tomar en la selección y/o protección de los componentes, para prevenir fenómenos de corrosión.

Todas las manillas, manivelas, botones u otro tipo de dispositivo similares, estarán provistos de una protección adecuada al ambiente en que se encuentren.

2.3.3 Marcas y placas de identificación de equipos

Todas las placas de identificación de uso exterior, serán de material resistente a la corrosión y de color permanente, que no sufra degradación por la exposición a la radiación solar.

Los equipos y cada elemento y/o dispositivo que forme parte de un equipo deberá ser identificado con una placa permanente, grabada en forma indeleble, con el nombre y número de serial asignado por el fabricante, escrita en número o código de barras. El material de las placas de identificación, como así mismo su contenido, será sometido a la aprobación del Supervisor. Dichas placas deberán ser fijadas por medio de remaches o pegamento adecuado al medio ambiente.

Adicionalmente se proveerán otras placas de identificación, en el interior y/o la parte frontal de los gabinetes, para identificar dispositivos, funciones, posiciones, cargas servidas, clase de protección IP e IK, etc., de acuerdo con los requerimientos del Supervisor y los planos correspondientes.

Cada equipo y/o componente dispondrá de una placa de características del equipo, la que será de acero inoxidable, e incluirá por lo menos la siguiente información:

Si es de tipo eléctrico

- Marca, tipo, modelo, N° de serie y año de fabricación.
- Tensión de servicio.
- Clase de voltaje de aislamiento.
- Frecuencia de operación.
- Capacidad nominal (A, kVA, etc., según corresponda).
- Manual y/o catálogo de servicio.
- Otros datos según sea pertinente

Si es de tipo mecánico

- Marca, tipo, modelo, N° de serie y año de fabricación.
- Manual y/o catálogo de servicio.
- Otros datos según sea pertinente.

El alambrado interno de los equipos y componentes, como así mismo los cables de interconexión, deberán identificarse en ambos extremos, indicando el punto de conexión en la bornera o terminal del equipo o componente y el nombre del dispositivo y número de borne del extremo opuesto del conductor.

Las placas indicativas de "PELIGRO" deben tener una flecha negra en forma de rayo sobre fondo amarillo y todas las advertencias de peligro deben estar en letras negras, en conformidad con la Publicación ISO 3864: "Safety colours and safety signs".

2.3.4 Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra deberá instalarse de acuerdo con las especificaciones técnicas del RETIE y NTC 2050. La estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos estarán conectados a una puesta de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación. Se realizará la debida puesta a tierra del rack o gabinete de las baterías, del gabinete de protecciones, del inversor y de la estructura soporte del generador fotovoltaico, unidos a una misma puesta a tierra para guardar la equipotencialidad de la instalación.

2.3.5 Módulos fotovoltaicos

Su ubicación, orientación e inclinación se deberá realizar de acuerdo con el diseño aprobado por el supervisor del contrato. En cualquier caso, se debe minimizar que el arreglo de módulos fotovoltaicos reciba sombras que afecten su funcionamiento.

2.3.6 Inversor

El inversor se deberá ubicar en un lugar adecuado dentro del gabinete de equipos, siguiendo las recomendaciones del fabricante, asegurándolo de tal forma que no se generen vibraciones mecánicas durante su operación y deberá contar con un espacio circundante suficiente para la disipación apropiada de calor durante su operación.

2.3.7 Estructura Soporte

Durante la etapa de replanteo el contratista, deberá determinar el tipo de estructura para soportar los módulos solares dependiendo de las condiciones específicas de cada vivienda. Tendrá las dimensiones adecuadas según el peso de módulos y los esfuerzos dinámicos del viento que va a soportar.

a) Material: Acero galvanizado al caliente o aluminio o Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV).
b) Normativa: La estructura que soporta los módulos solares debe dar cumplimiento a la norma NSR 10 y/o NTC 5832 (para estructuras de acero).

2.3.8 Instalación Eléctrica

La instalación eléctrica y el montaje de la instalación fotovoltaica debe hacerse conforme la normativa nacional aplicable (RETIE, NTC 2050), la sección 690 del National Electrical Code - NEC, y siguiendo las recomendaciones de los fabricantes de los equipos a instalar. La instalación
debe ser realizada por un profesional competente, quien debe declarar el Cumplimiento del RETIE (Numeral 20.25). Por otra parte, la totalidad del material eléctrico a instalar debe contar con Certificación de Producto de conformidad con RETIE emitida por un organismo acreditado, la instalación eléctrica interna debe incluir cuatro (4) salidas de alumbrado y tres (3) salidas de tomacorrientes dobles.

2.3.9 Precauciones contra incendio

La fabricación de los aparatos, su disposición, conexiones y cableado interno debe ser de tal manera que los riesgos de incendio y por consiguiente los daños en las instalaciones, sean mínimos. El Contratista será responsable de sellar en forma adecuada todos los orificios en el equipo que suministra, a través de los cuales pasen cables y de protegerlos contra daños mecánicos o incendio en los lugares donde queden expuestos.

3 Especificaciones Técnicas Equipos

Los equipos por suministrar para el proyecto deberán cumplir como mínimo con:

1. Certificación de producto expedida por organismos acreditados. Si la certificación es expedida en Colombia deberá ser bajo RETIE, pero si la certificación es expedida en el extranjero deberá ser bajo una norma técnica equivalente al RETIE tal como IEC 61215, IEC 61730 o UL 1703 para módulos solares fotovoltaicos.

   Nota: En caso de presentar otra certificación la misma deberá ser avalada previamente por la interventoría y/o supervisión del contrato.

2. La selección de los equipos a utilizar en cada una de las soluciones deberá estar debidamente soportada en el diseño.

3. Las especificaciones técnicas de los equipos a suministrar se deberán soportar mediante fichas técnicas emitidas por el fabricante.

Estas especificaciones están basadas en el documento “Proyectos tipo – Instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas” del Departamento Nacional de Planeación, 2020.

3.1 Módulos Solares:

Los módulos deben contar con excelente rendimiento en condiciones con poca luz, alta durabilidad en condiciones de niebla salina y capacidad para resistir cargas de viento de hasta 2400 pascales.

a) En condiciones estándares de prueba (STC “*Standard Test Conditions*”) de irradiación de 1.000vatios/m^2 en el espectro AM 1,5 a una temperatura de celda de 25°C, los módulos deberán cumplir como mínimo los parámetros técnicos establecidos en las normas IEC 61215 e IEC 61730 o su similar internacional reconocida por la ONAC, que reglamentan los procesos constructivos y garantizan estándares de calidad. Deben tener certificado de conformidad de producto expedido por un organismo de certificación acreditado. Cumplir normativa NTC 4405, norma NTC 2883 de 2006, norma NTC 5464 de 20120.
b) $\eta \geq 20\%$ condiciones STC.
c) Los módulos deberán contar con una garantía de producción de energía a 12 años del 90% y del 80% a 25 años.

d) Potencia = 400 Wp[1].
e) Conector MC4 Compatible.
f) Caja de protección de uniones IP 68

3.2 Inversor de onda pura:

Inversor sinusoidal de onda pura, de potencia 1000W, 24 VDC,120VAC/230 VAC (±3%). 50Hz/60Hz±0.3 Hz.

a) Voltaje nominal de entrada: 24V.
b) Voltaje nominal de salida: 120 V.
c) Potencia nominal de operación: 1000 W a 25 °C.
d) Potencia pico: 2000 W.
e) Eficiencia máxima ≥ 90%.
f) Normas aplicables: EN 62109-1:2010, IEC 61000-6.
g) Frecuencia de operación: 60 Hz.
h) Contar con protección contra descarga del banco de baterías. Es decir, el inversor debe ser capaz de desconectar los consumos al detectar un bajo nivel de tensión o bajo estado de carga del banco (alrededor de 30%). La reconexión de consumos debe configurarse para cuando se alcance al menos 70%.
i) Garantía de 5 años.

Funciones mínimas de protección del inversor

a) Contra sobre carga o cortocircuito a la salida.
b) Contra sobre temperatura.
c) Contra niveles de tensión fuera del rango de operación del banco de baterías.
d) Contar con modo de operación “Stand By” o equivalente (búsqueda, ahorro), durante el cual, el inversor consumirá el mínimo posible, al no detectar cargas conectadas. Este consumo debe ser igual o menor a 20W.
e) Contar con interruptor de encendido y apagado para dejar al inversor fuera de operación cuando no se requiera su utilización por tiempos prolongados.

3.3 Baterías

Batería de litio-Ion de ciclo profundo de 120 Ah - 24 VDC, 3650 ciclos de vida hasta 80% DOD, Energía disponible nominal 2300 Wh, Rango de temperatura en operación en carga 0-45°C, con las siguientes especificaciones mínimas:

a) Capacidad de energía Nominal: 120 Ah.
b) Tecnología= Litio.
c) Ciclos de vida: 3650 al 80 % DoD.

[1] El valor de la potencia pico de los paneles se puede modificar en función de la disponibilidad del mercado, no obstante se debe conservar la potencia total mínima del Sistema Solar FV de 800 Wp.

d) Profundidad de Descarga: hasta un 80% de DOD.
e) Autonomía: 24 horas.
f) Se debe cumplir la Norma IEC 61427-1: Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 1: Photovoltaic offgrid application y IEC 61427-2: Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 2: On-grid applications; las cuales si cubren en su totalidad las baterías utilizadas en sistemas fotovoltaicos. La NTC 5287 de 2009 sobre Celdas secundarias y baterías para sistemas solares fotovoltaicos.

La batería será almacenada en un gabinete cerrado y ventilado, teniendo en cuenta las dimensiones de las baterías y las conexiones, sin que estas conexiones lleguen a tener contacto con las paredes del gabinete, la instalación se hará en un lugar seco y debidamente asegurado para que personal no autorizado no pueda manipular los aparatos y asegurándose que quede sobre el nivel máximo histórico de inundación.

3.4 Controlador de carga

Controlador de Carga, 40A/24V MPPT Solar, voltaje de entrada de circuito abierto de 150 Vdc, eficiencia ≥ 98%, con las siguientes especificaciones mínimas:

a) Corriente de carga nominal=40 A.
b) Entradas MPPT= 1.
c) Voltaje de entrada de la batería = 8V-32V.
d) Voltaje de circuito abierto = 150 Vdc.
e) La normatividad aplicable corresponde a las Normas IEC 62109-1:2010 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements, NTC2183: 2014 Artefactos electrodomésticos y similares. Seguridad. Parte 1: Requisitos Generales, adoptada de la norma IEC 60335-1:2010 Household and similar electrical appliances - Safety - Part 1: General requirements, incluida su Adenda 1:2013., NTC6016: 2013 Controladores de carga de batería para instalaciones fotovoltaicas. Comportamiento y rendimiento, adoptada de la norma IEC 62509:2010 Battery charge controllers for photovoltaic systems - Performance and functioning. • IEC 60730-2- 11:2006, “Automatic electrical controls for household and similar use - Part 2-11: Particular requirements for energy regulators”, adoptada bajo la NTC 5818 “Dispositivos de control eléctrico automático para uso doméstico y análogo. Requisitos particulares para reguladores de energía • IEC 61683-2001 Photovoltaic systems – Power conditioners - Procedure for measuring efficiency, adaptada bajo la NTC5759, 2010 sobre Sistemas Fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
f) Garantía de 5 años.

El controlador de carga podrá compartir gabinete con el sistema de protecciones, baterías y el inversor, dependiendo del grado de protección que se requiera y las sugerencias de ventilación.

3.5 Medidor de Energía

Medidor prepago monofásico con sistema de gestión de recaudo. Incluye equipos de comunicación offline.

El sistema de monitoreo debe incluir una plataforma (Software) de gestión de medición de energía prepago, con licencia, esquema off line para adquisición de energía desde zonas no interconectadas, incluye equipos, accesorios y capacitación manejo de software necesarios para su correcto funcionamiento.

3.6 Instalaciones internas

Es necesario realizar un esquema tipo de instalación en el cual deben incluirse los siguientes elementos: Un tablero de distribución monofásico con dos interruptores monofásicos. Un circuito
para tomas (2 salidas de tomacorrientes dobles) e iluminación (4 salidas de iluminación) y el otro para los equipos y tomas de cocina (1 salida de tomacorriente doble). El tablero debe cumplir con las disposiciones de la Norma ICONTEC NTC 2050 y del RETIE entre las cuales se encuentran: apoyo firme, nivelado, cableado, uso del código de colores para diferenciar el conductor de fase con los de neutro y tierra y deberá ser accesible, siempre garantizando las distancias mínimas y las atura de instalación de estos equipos eléctricos.

El tablero será alimentado desde el medidor a través de conductores Calibre 10 AWG y tubería EMT en zonas no expuestas a la intemperie, se utilizará tubería IMC para los tramos expuestos a la intemperie y en tubería PVC para tramos subterráneos.

Toda la tubería dispuesta para las salidas eléctricas deberá ser en tubería tipo EMT, cumpliendo las exigencias del RETIE, en general así:

a) Las tomas deben instalarse a una altura mínima de 30 cms.
b) El calibre de los conductores para tomacorrientes debe ser en calibre No 12 AWG.
c) El calibre de los conductores para las salidas de alumbrado debe ser en No 12 AWG.
d) Todas las cajas metálicas y canalizaciones metálicas deben estar sólidamente aterrizadas.
e) Cada circuito debe tener su línea de neutro y de tierra independiente.

DIAGRAMA DE PLANTA

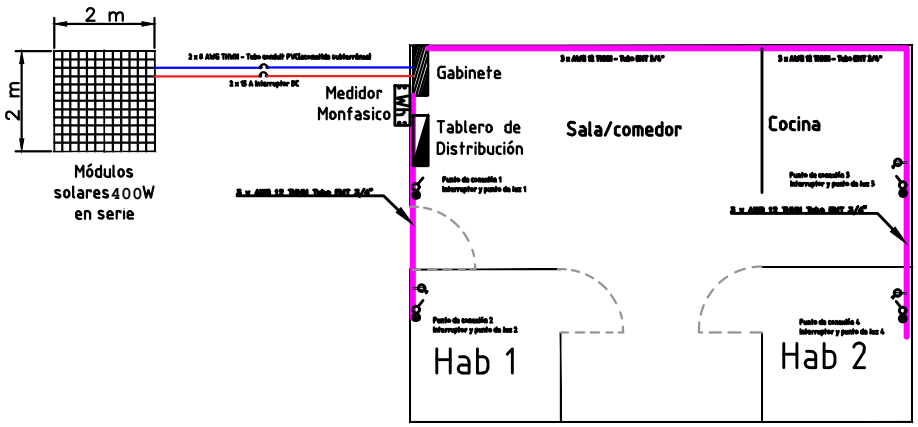
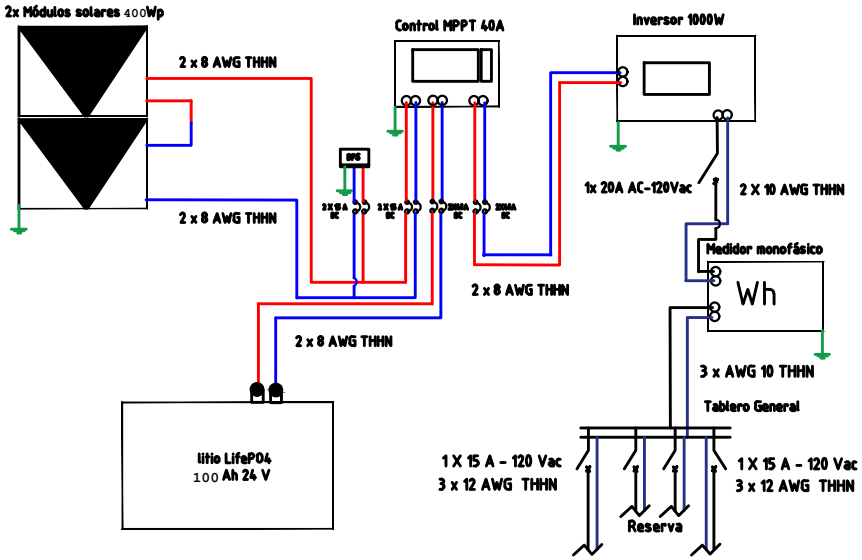


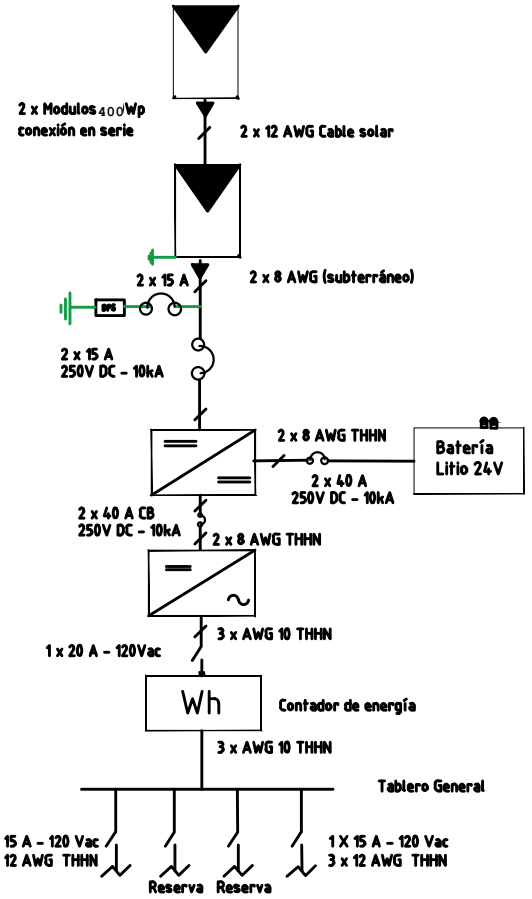
DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN



4

Nºrev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Compro bado

DIAGRAMA UNIFILAR SSFVI



Disposición general municipios Maria la baja- San Juan, Departamento de Bolivar

GOBERNACIÓN de BOLÍVAR

Bolivar primero

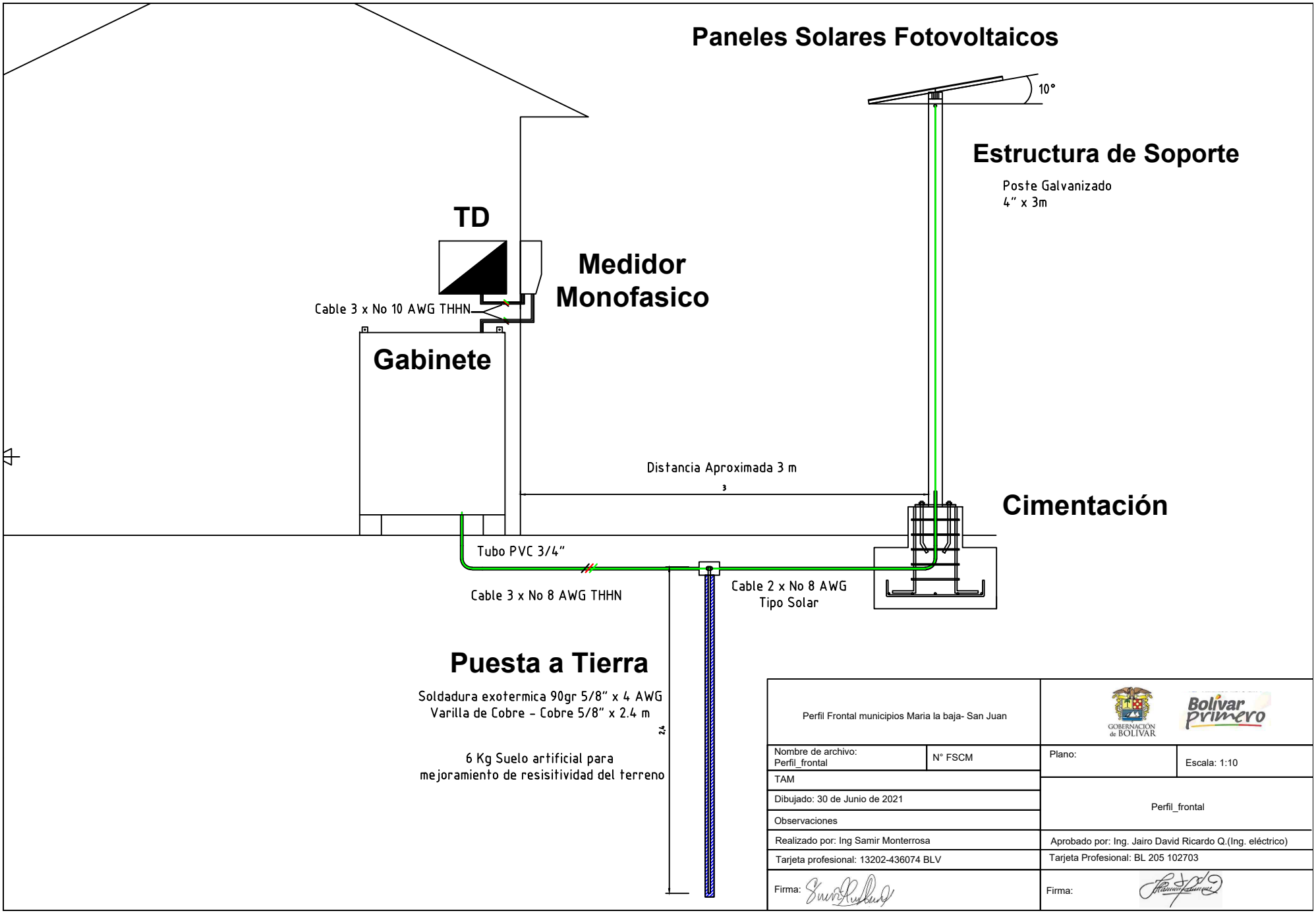
CONVENCIONES DEL PROYECTO

- Inversor
- Medidor monofásico de potencia
- Control de carga MPPT
- Tablero General
- Modulo Solar
- Tomacorriente monofásico
- DC circuit breaker
- Interruptor monofásico
- DPS
- Luminaria
- AC circuit breaker

LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES

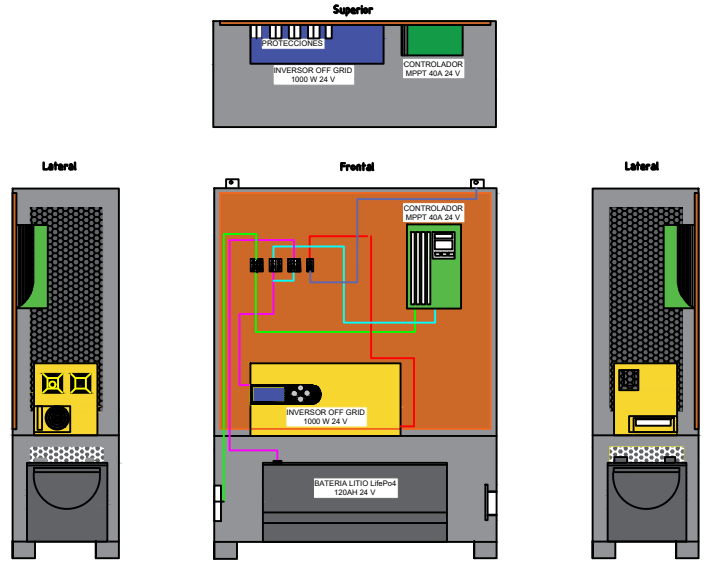
- 2 x Módulo 400 Wp
- 1 x Inversor 1000W
- 1 x 40A Control MPPT
- 2 x 15 A Interruptor DC
- 4 x 40 A Interruptor DC
- 1 x Batería litio 24V -100Ah
- 1 x Cable solar- 12 AWG - (1,5 m)
- 2 x 8 AWG - THHN - (7 m)
- 3 x 10 AWG - THHN - (04 m)
- 3 x 12 AWG - THHN - (40 m)
- 1 x Barra copperweld 2,4m - 5/8 pulgada
- 1 x tablero metálico (1mx0,8mx0,3m)
- 1 x medidor monofásico de potencia
- 4 x Tomacorriente monofásico
- 4 x Interruptor monofásico (acceso a luz)
- 4 x 15 A Interruptor AC
- 1 x 20 A Interruptor AC

Nombre de archivo: Plano de planta y unifilar dwg	N° FSCM	Plano: 01-01	Escala: 1:100
TAM		Plano unifilar , planta y esquema de interconexión	
Fecha: 30 de Junio del 2021			
Observaciones:			
Realizado por: Ing. Samir Monterrosa Moreno		Aprobado por: Ing. Jairo David Ricardo Q.(Ing. eléctrico)	
Tarjeta profesional: 13202-436074 BLV		Tarjeta Profesional: BL 205 102703	
Firma:			

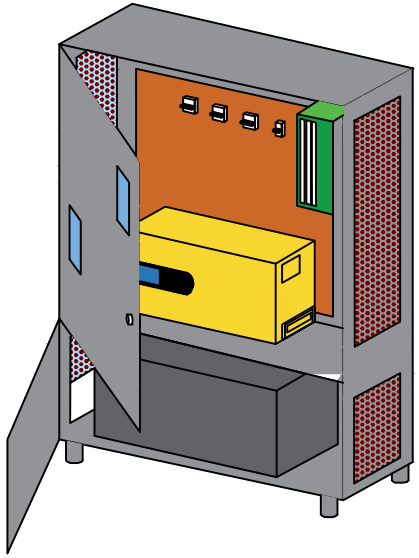


Perfil Frontal municipios Maria la baja- San Juan		GOBERNACIÓN de BOLÍVAR / Bolivar primero	
Nombre de archivo: Perfil_frontal	N° FSCM	Plano:	Escala: 1:10
TAM		Perfil_frontal	
Dibujado: 30 de Junio de 2021			
Observaciones			
Realizado por: Ing Samir Monterrosa		Aprobado por: Ing. Jairo David Ricardo Q.(Ing. eléctrico)	
Tarjeta profesional: 13202-436074 BLV		Tarjeta Profesional: BL 205 102703	
Firma:		Firma:	

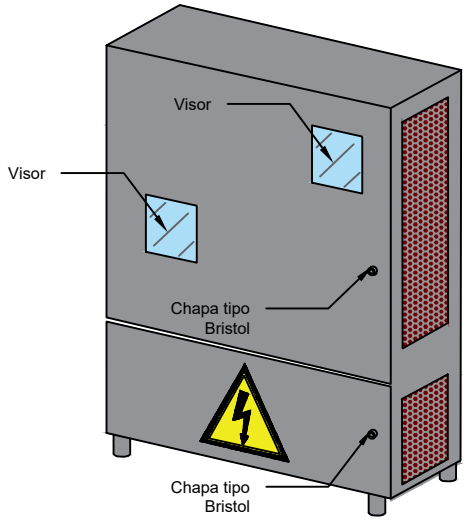
VISTA INTERIOR GABINETE



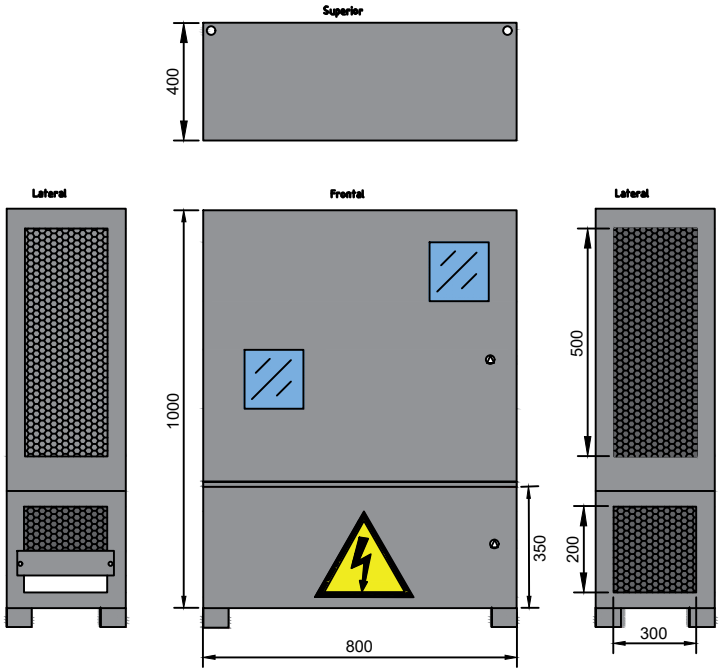
VISTA ISOMETRICA



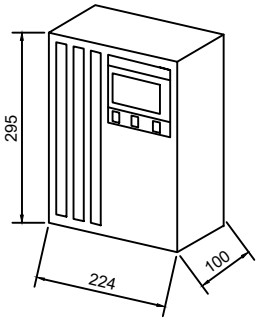
VISTA ISOMETRICA



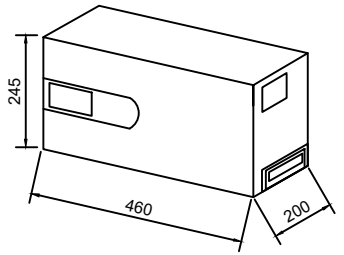
VISTA EXTERIOR GABINETE



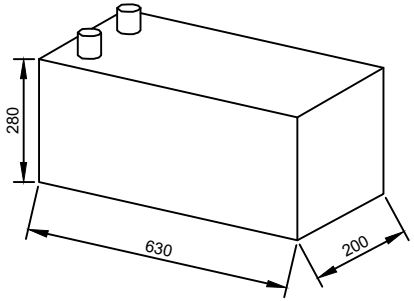
REGULADOR DE CARGA MPPT 24V 40 A



INVERSOR OFF GRID 1000 W



BATERIA LITIO LifePo4 120 Ah 24 V



Disposición Gabinete municipios Maria la baja- San Juan.

GOBERNACIÓN de BOLÍVAR

Bolívar primero

Nombre de archivo: Plano de planta y unifilar dwg	N° FSCM
TAM	
Fecha: 30 de Junio del 2021	
Observaciones:	
Realizado por: Ing. Samir Monterrosa Moreno	
Tarjeta profesional: 13202-436074 BLV	
Firma:	

Plano: 01-01	Escala: 1:100
Plano de disposición de Gabinete distribución de equipo	
Aprobado por: Ing. Jairo David Ricardo Q.(Ing. eléctrico)	

Los Armarios deben ser metálicos y autosoportados. Su acabado debe de ser en pintura electrostática con tratamiento de anticorrosivo para resistencia .El grado de protección que debería tener la envoltura exterior de los armarios debería ser como mínimo IP65.

MEMORIA TECNICA DE DISEÑO

ESTRUCTURAL

Proyecto:

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Localización:

VEREDAS LAS CAÑAS, SUCESIÓN, EL GUAMO, CACAO, PELA EL OJO Y LAS BRISAS EN LOS MUNICIPIOS DE MARÍA LA BAJA Y SAN JUAN NEPOMUCENO DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.

SAMIR MONTERROSA MORENO

Ingeniero Civil

CARTAGENA DE INDIASS

DICIEMBRE DE 2020

E-mail: samom24@hotmail.com
CEL:3215992401
CARTAGENA-COLOMBIA

Contenido

Contenido.....2
1. ALCANCE DE ESTUDIO.....1
2. SISTEMA ESTRUCTURAL UTILIZADO.....1
2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.....1
2.1.2. PARÁMETRO DE DISEÑO.....2
2.2.2.1. CARGAS EMPLEADAS.....2
3. CALCULO DE LA ESTRUCTURA.....3

Samir Monterrosa Moreno
Ingeniero Civil
Memoria técnica de diseño estructural

GENERALIDADES:

En las veredas las cañas, sucesión, el guamo, cacao, pela el ojo y las brisas en los municipios de maría la baja y san juan Nepomuceno del departamento de bolívar se proyecta la construcción e instalación de un **SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA,** por lo cual se realizará el diseño de la cimentación, que permitirá el soporte de la estructura.

1. ALCANCE DE ESTUDIO

La principal obra civil que incluye el proyecto consiste en la cimentación que requieres la estructura que soporta los paneles solares. Esta por su diámetro y peso requieren consideraciones y cálculos que se a continuación se describe.

El diseño del sistema estructural se efectuó bajo la siguiente normativa:

- Normas de Sismo resistencia NSR 10

2. SISTEMA ESTRUCTURAL UTILIZADO

2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Se proyecta un sistema estructural tipo **PENDULO INVERTIDO A-3.6.11 NSR-10,** con un **R=1.875** Coeficiente de capacidad de disipación de energía, *Ver figura 1.* Estas son estructuras donde el sistema actúa como uno o varios voladizos y un porcentaje muy alto de la masa se encuentra concentrada en la parte superior de la estructura.

5. Estructuras de péndulo invertido									
a. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía (*DES*)	el mismo	**2.5** (Nota-3)	**2.0**	si	Sin límite	si	sin límite	si	Sin límite
b. Pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (*DES*)	el mismo	**2.5**	**2.0**	si	Sin límite	si	sin límite	si	Sin límite
c. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad moderada de disipación de energía (*DMO*)	el mismo	**1.5** (Nota-3)	**2.0**	no se permite		si	sin límite	Si	sin límite

Fifura.1. Tabla Valores Coeficiente de disipación de energía.

2.1.2. PARÁMETRO DE DISEÑO

SISTEMA ESTRUCTURAL:

- PÉNDULO INVERTIDO A-3.6.11 NSR-10

R=1.875 Coeficiente de capacidad de disipación de energía

ZONA DE AMENAZA SISMICA

· Intermedia: Aa = 0.15g Av=0.20g Codigo de Municipio NSR-10: 86757
Fva:3 2.2.1

GRUPO DE USO

GRUPO I: USO NORMAL, I = 1.0

INTERMEDIA: Aa = 0.15g Av=0.20g Codigo de Municipio NSR-10: 86757

Fva:3 2.2.1

GRUPO I: USO NORMAL, I = 1.0

ESTUDIO DE SUELOS: Ing. Jonathan Ceballos M.P.No.52202-322399 Nariño

Tipo: E Qadm: 0.42 Kg/cm² - Fuente: estudio de suelos

2.2.2.1. CARGAS EMPLEADAS

Cálculo de las cargas que ejercen sobre la zapata.

• **Carga del concreto:**

Concreto f'c = 21 MPa

• **Carga de las vigas:**

Son 4 varillas de acuerdo con las tablas de la NSR-10 tienen como masa 0.944kg/m. Las 4 varillas de 0.75m hacen un total de 3m de varilla.

Son 8 flejes de acuerdo con las tablas de NSR-10 tienen como masa 0.250kg/m. Los 4 flejes de 0.28cm hacen un total 4.48m de flejes.

• **Carga viva:**

Es la ejercida por los paneles sobre la estructura, como cada panel pesa 22 kg y son 2 paneles por arreglo.

Pviva= 12.3 Kg/m² - Panel

• *Carga muerta:*

Es la correspondiente del peso propio de la estructura. Pmuerta= 57*9.81=559.17N

• *Carga del viento:*

Es producto a la presión dinámica que ejerce el aire a la estructura. Tomando una velocidad del viento de 40pKg/m².

3. CALCULO DE LA ESTRUCTURA

CUADRO DE GANCHOS Y TRASLAPOS

# Barra Ø	Diametro Barra (cm) ○	Longitud Gancho (cm) G	Long. Desarrollo (cm)		Traslapo A (cm) A		Traslapo B (cm) B	
			Ref. inferior	Ref. superior	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.
3	0.95	15	42	54	42	54	54	70
4	1.27	20	56	73	56	73	73	95
5	1.59	25	70	91	70	91	91	118
6	1.91	30	84	109	84	109	109	142
7	2.22	35	121	158	121	158	158	205
8	2.54	40	139	181	139	181	181	235

NSR-10

* Medidas en centimetros
* Resistencia del acero: Fy=420 MPa
* Resistencia del concreto: f'c=21 MPa

Figura 1. Cuadro de ganchos y traslapos

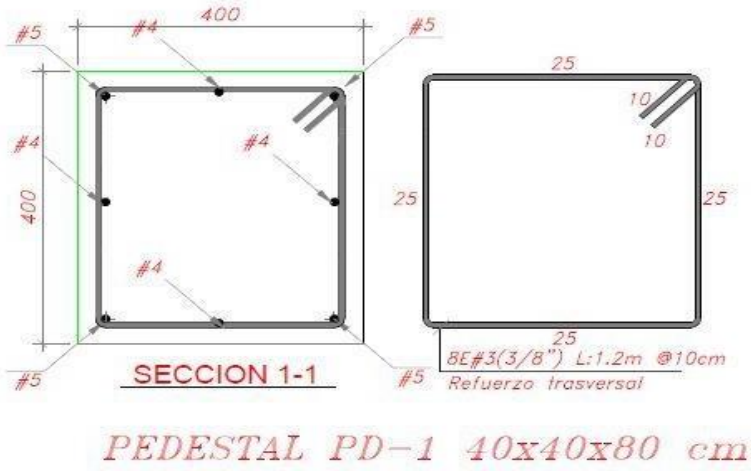
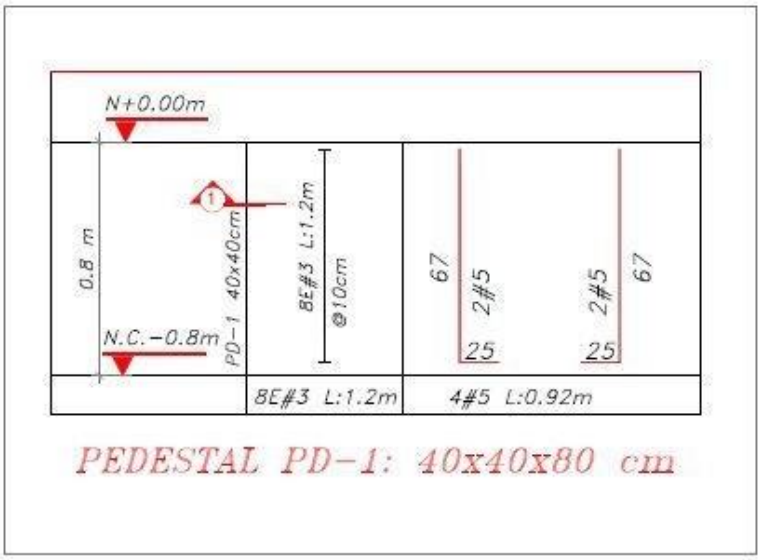


Figura 2. Dimensionamiento pedestal

Figura 3. Detalle Unión Viga



DESCRIPCIÓN PEDESTAL		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Volumen de concreto	M^3	0,128
Numero de estribos @	UND	8

Figura 4. Descripción pedestal

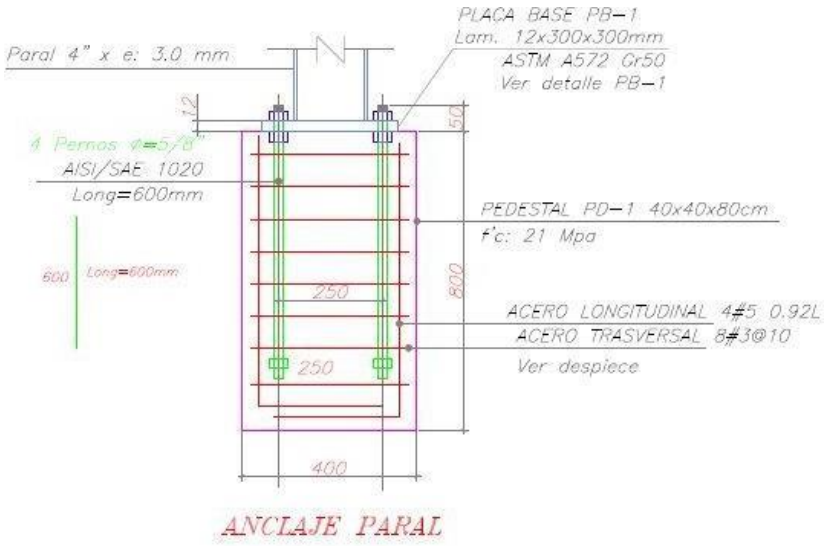


Figura 5. Anclaje paral

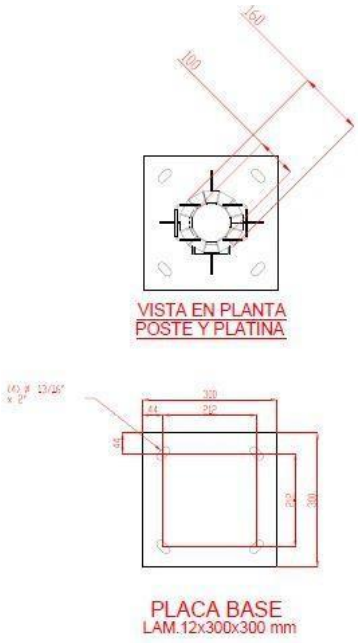
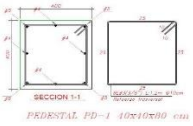
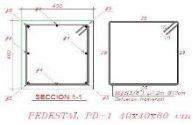
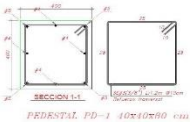


Figura 6. Vista en planta

Localización	*Figurado*	*Cantidad*	*Peso Unitario (Kg/m)*	*Peso Total Kg /m*
#3		***8***	***0.560***	***5.4***
#4		***4***	***0.94***	***3.65***
#5		***4***	***1.552***	***5.7***

<u>TOTAL ACERO KG/M: 15 KG/M</u>

Samir Monterrosa MorenoIng Civil

CAPITULO 2

ESTRUCTURA: SOPORTE PÁNELES SOLARES

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 4

2 MATERIALES Y ESPECIFICACIONES 5

2.1 Materiales 5

2.2 Especificaciones de cargas 5

3 ANALISIS SISMICO 6

3.1 Espectro de Diseño 6

3.2 Sistema estructural y material 8

3.3 Cortante sísmico y momento en la base 9

4 VELOCIDAD DE VIENTO 9

4.1 Cálculo de presiones de viento 9

4.2 Fuerzas y momentos debido al viento 11

5 MODELACION DE CARGAS EN ETABS 12

5.1 Elementos Modelados 13

5.1.1 Secciones de los elementos 14

5.1.2 Materiales Usados 15

5.2 Cargas 15

5.3 Resultados Obtenidos 17

6 COMPROBACION DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA 20

6.1 Comprobación de diseño de la estructura soporte principal 20

6.2 Comprobación de diseño de la estructura por medio de Etabs 22

7 DIMENSIONAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN 24

7.1 Cargas verticales 24

7.2 Cargas horizontales y Determinación de la excentricidad 25
7.3 Esfuerzos sobre la cimentación 25
7.4 Comprobación de Volcamiento 26
7.5 Cortante Bidireccional 26
7.6 Cortante unidireccional 27
7.7 Momento por flexión 27
7.8 Área de acero de refuerzo 27

1 INTRODUCCIÓN

Objetivo: Realizar las memorias de revisión estructural para el proyecto de ***CONSTRUCCIÓN IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS CON FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA MEDIANTE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA COMUNIDADES RURALES EN LAS ZNI DEL MUNICIPIO DE MARÍA LA BAJA, BOLÍVAR***.

De acuerdo con los estudios socioeconómicos realizados de acuerdo con el levantamiento de información de los municipios y a las especificaciones técnicas del sistema de generación de energía, establecido en la memoria de cálculo del SSFVI se implementarán dos (2) módulos de paneles solares fotovoltaicos de 370 W cada uno.

Los Paneles estarán soportados por una estructura metálica la cual distribuirá el conjunto de cargas verticales y horizontales contempladas por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) al soporte principal. El soporte principal estará constituido por una estructura metálica galvanizada de forma circular y 3 metros de longitudla cual se diseñará con el fin de garantizar la estabilidad de los sistemas a implementar, soportando peso propio, cargas símicas y cargas de viento.

Se realizará la validación de las dimensiones y refuerzo de la cimentación de acuerdo con lo estipulado en la NSR-10, la cual trasmitirá las cargas al estrato portante. Este diseño se realizará de acuerdo con las peores condiciones del suelo observado con el objetivo de proporcionar la estabilidad adecuada a los sistemas y garantizar que los esfuerzos máximos generados sean menores a la capacidad admisible de 10 Ton/m2.

2 MATERIALES Y ESPECIFICACIONES

2.1 Materiales

Los materiales que se van a utilizar en el diseño de la estructura metálica serán **perfiles circulares con una resistencia de 360 MPa (ASTM A-500 Grado C) de 3'' y espesor de 4milímetros**. **Pernos de anclaje de ½" A-354 Gr B y platina ASTM-A36 de 250x250x9.5mm.**

Para el caso de la cimentación, se utilizará concreto con una resistencia f'c de 21 MPa con una densidad de 2.40Ton/m3. El acero de refuerzo longitudinal debe ser corrugado y debe tener una resistencia de 420 MPa (Fy) y un módulo de elasticidad de 200 GPa.

2.2 Especificaciones de cargas

- Carga Muerta

1) Paneles Solares: De acuerdo con las fichas técnicas de los paneles solares fotovoltaicos de varios fabricantes se estableció un peso promedio por panel monocristalino de 370 Wp de 72 celdas de 24 kg (± 3).

2) Soporte principal: El peso del soporte principal se calculó teniendo en cuenta unadensidad del acero galvanizado de 7850 kg/m3. El acero galvanizado ofrece una excelente resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión la cual hace que la estructura tenga una gran durabilidad.

Tabla 2-1. Cálculo del peso de la estructura

Elemento	Longitud (m)	Peso unitario (Kg/m)	Peso (Kg)	Cantidad	Total (Kg)
Perfil circular 3"x4.0mm	3.0	8.38	25.14	1	25.14
Ángulo 1/8"x 1 1/2"	1.9	1.82	3.46	2	6.92
Ángulo 1/8"x 1 1/2"	2	1.82	3.64	2	7.28
Ángulo 1/8"x 1 1/2"	1.95	1.82	3.55	2	7.10
Ángulo 1/8"x 1 1/2"	0.9	1.82	1.64	2	3.28
Accesorios de soporte	-	-	-	-	10
Peso total de la estructura de soporte (Kg)					59.72

La carga muerta se asume teniendo en cuenta el peso de cada panel solar (24 Kg) y se asigna como una carga uniformemente distribuida en toda su área. En el caso de la carga viva se toma un valor de 100 Kg/m2 para ser conservadores tomando como referencia lo ya analizado en el diseño pasado de la estructura.

Tabla 2-2. Tabla de especificaciones de cargas asignadas

Tipo de carga	Valor asignado (Kg/m2)
Carga muerta	12
Carga viva	100

3 ANALISIS SISMICO

3.1 Espectro de Diseño

De acuerdo con el Titulo A de la NSR-10 titulado *"Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente"*, se diseñarán los elementos para que soporten un movimiento sísmico en la zona.
En la sección A.2.2.1 donde nos especifica que los movimientos sísmicos de diseño se definen en función de la aceleración pico efectiva Aa y de la velocidad pio efectiva Av. A partir del apéndice A-4 y de la localización del proyecto (Municipios de María la Baja), se seleccionan los valores de Aa y Av y se identifica si el proyecto se encuentra en una zona de amenaza sísmica Baja, Intermedia y Alta. Seguido de esto, se selecciona el tipo de perfilde suelo de acuerdo con la descripción de la Tabla A.2.4-1. Con esto se pueden calcular los valores de coeficientes de ampliación del espectro para zonas del espectro corto e intermedio Fa y Fv.

Adicionalmente, se define el coeficiente de importancia (I) de la estructura de acuerdo con el grupo el cual será *Grupo I*, definido como estructura de ocupación normal. A partir de esto, y de la tabla A.2.5-1 se obtiene el creciente de importancia (I). Con estos valores, se calculan los periodos del espectro T_0, T_c y T_L con el fin de definir los espectros elásticos dediseño de aceleración.

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 3-1. Valores Espectro de Diseño Sísmico

Nivel de Amenaza sísmica – Valores del Espectro		
Amenaza sísmica	Intermedia	
Coef. De Acel. Horizontal	Aa	0,10
Coef. De Vel. Horizontal	Av	0,15
Tipo de suelo	D	
Factor de amplif.Acel.Per.Corto	Fa	1,6
Factor de amplif.Acel.Per.Interm	Fv	2,4
T0		0.225
TC		1,08
TL		5,76
Grupo de Uso		I
Coeficiente de Importancia		1
Aceleración espectral para T<Tc		0,4

A partir de estos parámetros se obtiene el espectro de diseño sísmico

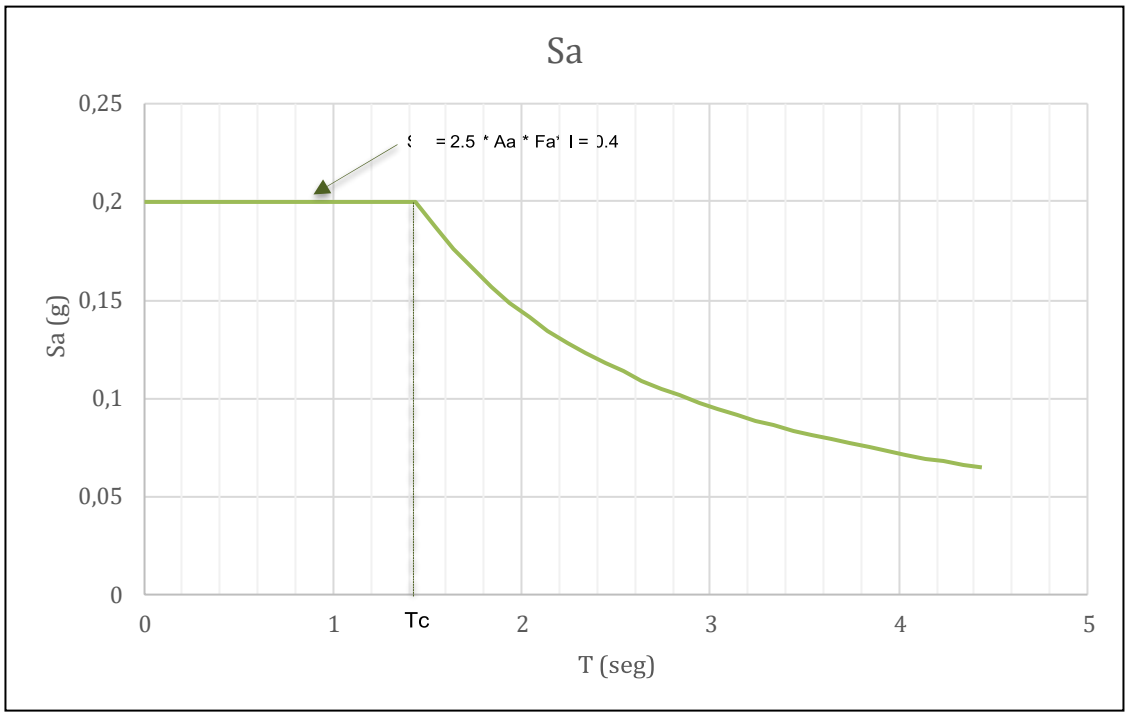
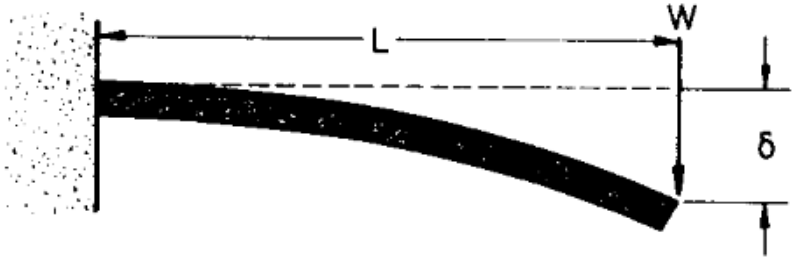


Figura 3-1. Espectro de Diseño de la Estructura

Inicialmente se procede a estimar la rigidez de la estructura que se asemeja a un péndulo invertido. Para ello se utiliza el cálculo de deformación de una viga en voladizo.



$$\delta = \frac{PL^3}{3EI}$$

Asumiendo una carga P de 100 Kg y conociendo que la estructura tiene un módulo de elasticidad E=200 GPa y una inercia I= 50.4 cm^4 (datos obtenidos de los proveedores) se estima la deformación:

$$\delta = \frac{(1KN) * (3m)^3}{3 * \left(200x10^6 \frac{KN}{m^2}\right) * (94.11x10^{-8}\, m^4)} = 0.0478\, m$$

Aplicando la ley de Hooke para elementos elásticos se sabe que la fuerza es proporcional a la deformación aplicada y a una constante de rigidez del elemento.

$$F = k * \delta$$

Con esta fórmula se obtiene la rigidez de nuestra estructura:

$$k = \frac{F}{\delta} = \frac{100\ kg}{0.0478\ m} = 2091.33 \frac{Kg}{m}$$

Se procede a calcular el período de la estructura:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{107.72Kg}{\left(2091.33\frac{kg}{m}\right)\left(9.86\frac{m}{s^2}\right)}} = 0.454$$

3.2 Sistema estructural y material

Teniendo en cuenta el sistema estructural y material se procede a calcular el coeficiente decapacidad de disipación de energía (R) para ser empleado en el diseño. Este valor de obtiene a partir de la tabla A-1.3-1 titulada *"Coeficiente de capacidad de disipación de energía para algunas estructuras especiales"*. La estructura del proyecto se cataloga comouna estructura de péndulo invertido y tiene un coeficiente de disipación de energía de 2.

Tabla A-1.3-1
Coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_0, para algunas estructuras especiales

Tipo de estructura	Valor de R_0
Tanques, contenedores de líquidos y gases a presión, apoyados sobre columnas arriostradas, con diagonales, o no	2.0
Silos y chimeneas de concreto reforzado vaciado en sitio, cuyas paredes son continuas hasta la fundación	3.5
Estructuras en forma de torre cuya masa está distribuida en la altura, tales como chimeneas, silos y tanques, cuyos apoyos consisten en faldones.	3.0
Torres en celosía, autoportantes o con templetes, chimeneas y torres con templetes.	3.0
Estructuras de tipo péndulo invertido	2.0
Tolvas sobre columnas, con o sin contravientos.	3.0
Torres de enfriamiento	3.5
Torres o anaqueles de almacenamiento	3.0
Avisos y vallas publicitarias	3.5
Monumentos y estructuras de parques de diversión	2.0
Otras estructuras autoportantes, no incluidas anteriormente	3.0

3.3 Cortante sísmico y momento en la base

Para encontrar el cortante sísmico en la base es necesario saber cuál es el peso de laestructura de los paneles solares.

Tabla 3-2. Carga de la Estructura

Peso de la estructura		
Peso paneles solares	Kg	48.0
Peso de estructura	Kg	59.72
Carga viva	Kg	100
Carga Total	**Kg**	**207.72**

La ecuación A.4.3-1 nos dice que el cortante en la base se puede encontrar con la carga muerta de la siguiente forma:

$$V_s = S_a * W = 0.4 * 107.72 \text{ Kg} = 43.088 \text{ Kg}$$

$$Vs_{dis} = \frac{Vs}{R} = \frac{43.088\ Kg}{2.0} = 21.544Kg$$

4 VELOCIDAD DE VIENTO

4.1 Cálculo de presiones de viento

Para este cálculo se sigue con lo recomendado en capitulo B.6 titulado “Fuerzas de Viento”de la NSR-10. De acuerdo con la nota de la figura B.6.4-1, se puede observar que para elmunicipio de María la Baja los cálculos se deben realizar con una velocidad de viento de **33 m/s** (120 km/h). El factor de importancia (I) de la edificación se identifica de acuerdocon los grupos de uso de la sección A.2.5 y la Tabla B.6.5-1 en donde se puede observar un factor de **0.87** para regiones no propensas a huracanes.

La categoría de exposición de la zona es de tipo D de acuerdo con lo establecido en la sección B.6.5.6.3 con una rugosidad de terreno D, la cual representa áreas planas y no obstruidas. De esta categoría de exposición se puede obtener en la tabla B.6.5-3 un coeficiente de exposición para la presión dinámica (Kz), el cual, para una altura de inferior de 9 metros, como es nuestro caso (3m), el coeficiente es de **0,7**. El factor topográfico (Kzt) es de **1**.

El factor de dirección del viento kd se determina de acuerdo con la tabla B.6.5-4 en donde por el tipo de estructura, el cual para este caso es un sistema principal de Resistencia de Cargas de viento, el factor de direccionalidad del viento es de **0,85**.

Teniendo en cuenta todos los factores anteriores, se procede a calcular la presión por velocidad (qh):

$$q_h = 0.613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$$

q_h=0,613 ∗ 0,7 ∗ 1 ∗ 0,85 ∗ 33^2 ∗ 0,87 =345.56 N/m^2

De acuerdo con la sección B.6.5.13 titulado “Cargas de viento de diseño en edificios abiertos con cubiertas a un agua”, la presión de diseño depende de la presión por velocidad(qh) evaluada a una altura h, el factor de efecto de ráfaga (G) y el coeficiente de presión neta (CN).

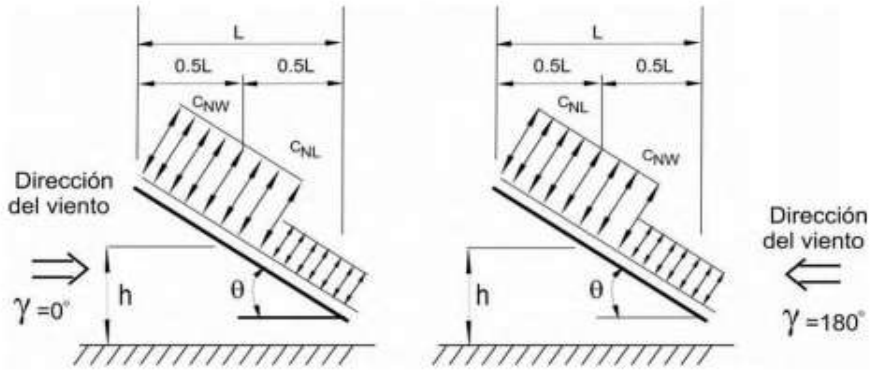
$$p = q_h * G * CN$$

El factor de ráfaga G se determina a partir de los establecido en B.6.5.8 en donde se establece que el factor de ráfaga se puede tomar igual a **0,85** para edificios rígidos. De acuerdo con la definición de edificio rígido del título b la NSR-10, la estructura diseñada seconsidera como este tipo de estructura.

El coeficiente de presión neta se encuentra en la Figura B.5-15A para cubiertas a un agua,debido a que la inclinación del panel es de 10 ° se interpolaron los valores de la tabla y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura B.6.5-15A — **Coeficientes de Presión Neta, C_N** — **Cubiertas libres de una pendiente**

Edificios Abiertos — **$\theta \leq 45°$, $\gamma = 0°, 180°$**



Ángulo de la Cubierta θ	Caso de Carga	Dirección del Viento γ = 0°				Dirección del Viento γ = 180°			
		Flujo de Viento Libre		Flujo de Viento Obstruido		Flujo de Viento Libre		Flujo de Viento Obstruido	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
0°	A	1.2	0.3	-0.3	-1.2	1.2	0.3	-0.5	-1.2
	B	-1.1	-0.1	-1.1	-0.6	-1.1	-0.1	-1.1	-0.6
7.5°	A	-0.6	-1.0	-1	-1.5	0.9	1.5	-0.2	-1.2
	B	-1.4	0.0	-1.7	-0.8	1.6	0.3	0.8	-0.3
15°	A	-0.9	-1.3	-1.1	-1.5	1.3	1.6	0.4	-1.1
	B	-1.9	0.0	-2.1	-0.6	1.8	0.6	1.2	-0.3
22.5°	A	-1.5	-1.6	-1.5	-1.7	1.7	1.8	0.5	-1.0
	B	-2.4	-0.3	-2.3	-0.9	2.2	0.7	1.3	0.0
36°	A	-1.8	-1.8	-1.5	-1.8	2.1	2.1	0.6	-1.0
	B	-2.5	-0.5	-2.3	-1.1	2.6	1.0	1.6	0.1
37.5°	A	-1.8	-1.8	-1.5	-1.8	2.1	2.2	0.7	-0.9
	B	-2.4	-0.6	-2.2	-1.1	2.7	1.1	1.9	0.3
45°	A	-1.6	-1.8	-1.3	-1.8	2.2	2.5	0.8	-0.9
	B	-2.3	-0.7	-1.9	-1.2	2.6	1.4	2.1	0.4

	Dirección del Viento ϒ = 0° Flujo de Viento libre		Dirección del Viento ϒ = 180° Flujo de Viento libre	
Inclinación	CNW	CNL	CNW	CNL
7,5 °	-0.6	-1	0.9	1.5
15°	-0.9	-1.3	1.3	1.6
10°	**-0.7**	**-1.1**	**1.03**	**1.53**

Los signos negativos y positivos significan succiones y presiones respectivamente, de acuerdo con esto, se toma el valor de coeficiente más crítico y se calcula la presión de diseño:

$$p = 345.56\ N/m^2 * 0{,}85 * 1{,}53 = 449.4\ N/m^2 = 45\ Kg/m^2 = 0.45KN/\ m^2$$

La sección B.6.4.2.1.1 especifica que la presión mínima debe ser de 0.4 KN/m² por lo cual se diseñara con la presión real.

4.2 Fuerzas y momentos debido al viento

Las dimensiones de cada panel son de:Altura de contacto: 0.34 metros
Ancho Panel: 2 metros

$$Area_{contacto} = 0.34m * 2m = 0.69\ m^2$$

$$F_v = 0.69\ m^2 * 0.45 \frac{KN}{m^2} = 0.31\ KN = 31\ Kg$$

Con el resultado anterior solo se hace necesario modelar las fuerzas horizontales generadas por el viento, puesto que la carga de sismo es mucho menor

5 MODELACION DE CARGAS EN ETABS

Se realizo la modelación en el programa Etabs V.19.01 para verificar los esfuerzos internos de la estructura teniendo en cuenta las siguientes combinaciones de carga:

Tabla 5-1. Combinaciones de Carga utilizadas

TABLE: Load Combination Definitions				
Name	**Type**	**Is Auto**	**Load Name**	**SF**
1.2 D + 1.6 L	Linear Add	No	D	1.4
1.2 D + 1.6 L			L	1.6
1.2D + L + Fx	Linear Add	No	D	1.2
1.2D + L + Fx			L	1
1.2D + L + Fx			Fx	1
1.2 D + L +Fy	Linear Add	No	D	1.2
1.2 D + L +Fy			L	1
1.2 D + L +Fy			Fy	1
1.2 D + L - Fx	Linear Add	No	D	1.2
1.2 D + L - Fx			L	1
1.2 D + L - Fx			Fx	-1
1.2 D + L - Fy	Linear Add	No	D	1.2
1.2 D + L - Fy			L	1
1.2 D + L - Fy			Fy	-1
1.4 D	Linear Add	No	D	1.4
D+L	Linear Add	No	D	1
D+L			L	1
0.9D+1.6W	Linear Add	No	D	0.9
0.9D+1.6W			W	1.6
1.2 D + 1.6 L	Linear Add	No	D	1.4
1.2 D + 1.6 L			L	1.6
1.2D+1L+1.6W	Linear Add	No	D	1.2
1.2D+1L+1.6W			L	1.6
1.2D+1L+1.6W			W	1.6
Envolvente	Linear Add	No	D+L	1
Envolvente			1.4 D	1
Envolvente			1.2 D + 1.6 L	1
Envolvente			1.2D + L + Fx	1
Envolvente			1.2 D + L - Fx	1
Envolvente			1.2 D + L +Fy	1
Envolvente			1.2 D + L - Fy	1

Una vez, realizadas las combinaciones se modelo la estructura:

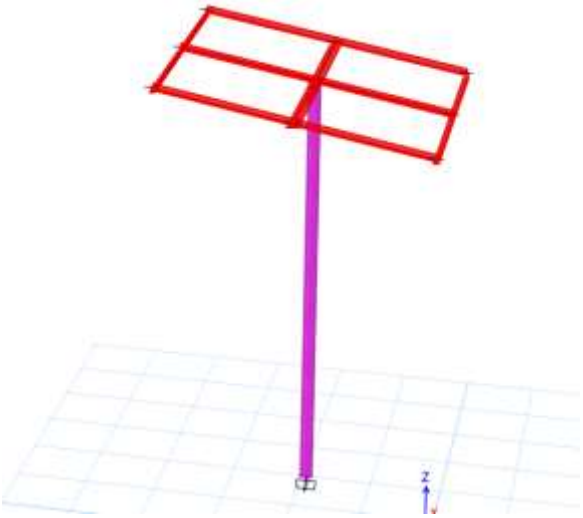


Figura 5-1. Modelo en Etabs

5.1 Elementos Modelados

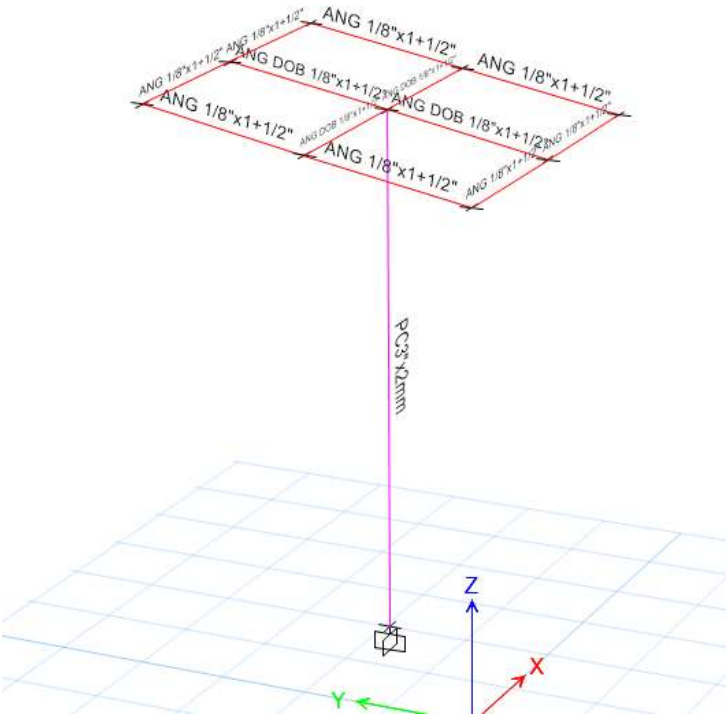


Figura 5-2. Secciones de los elementos

Tabla 5-2. Asignación de secciones a los elementos

TABLE: Frame Assignments - Section Properties					
Story	**Label**	**UniqueName**	**Shape**	**Auto Select List**	**Section Property**
Story1	B7	8	SD Section	N.A.	ANG DOB 1/8"x1+1/2"
Story1	B8	9	SD Section	N.A.	ANG DOB 1/8"x1+1/2"
Story1	B13	6	SD Section	N.A.	ANG 1/8"x1+1/2"
Story1	B14	7	SD Section	N.A.	ANG 1/8"x1+1/2"
Story1	B15	11	SD Section	N.A.	ANG 1/8"x1+1/2"
Story1	B16	13	SD Section	N.A.	ANG DOB 1/8"x1+1/2"
Story1	B17	15	SD Section	N.A.	ANG 1/8"x1+1/2"
Story1	B18	4	SD Section	N.A.	ANG 1/8"x1+1/2"
Story1	B19	5	SD Section	N.A.	ANG 1/8"x1+1/2"
Story1	B20	10	SD Section	N.A.	ANG 1/8"x1+1/2"
Story1	B21	12	SD Section	N.A.	ANG DOB 1/8"x1+1/2"
Story1	B22	14	SD Section	N.A.	ANG 1/8"x1+1/2"
Story1	C1	1	Steel Pipe	N.A.	PC3"x2mm

5.1.1 Secciones de los elementos

Tabla 5-3. Secciones de los elementos

TABLE: Frame Section Property Definitions - Summary																	
Name	**Material**	**Shape**	**Color**	**Area**	**J**	**I33**	**I22**	**As2**	**As3**	**S33Pos**	**S33Neg**	**S22Pos**	**S22Neg**	**Z33**	**Z22**	**R33**	**R22**
				cm^2	cm^4	cm^4	cm^4	cm^2	cm^2	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm	cm
ANG 1/8"x1+1/2"	A572Gr50	SD Section	Red	2.9	0.2	3.9	3.9	1.4	1.4	1.5	3.6	3.6	1.5	2.6	2.6	1.167	1.167
ANG DOB 1/8"x1+1/2"	A572Gr50	SD Section	Red	5.8	0.7	7.8	14.8	2.7	3.1	2.9	7.1	3.9	3.9	5.2	6.3	1.167	1.602
PC3"x2mm	A572Gr50	Steel Pipe	Magenta	5.5	103.1	51.6	51.6	2.7	2.7	11.6	11.6	11.6	11.6	15.1	15.1	3.073	3.073

5.1.2 Materiales Usados

Tabla 5-4. Materiales usados

TABLE: Material Properties - Steel Data										
Material	**Fy**	**Fu**	**Fye**	**Fue**	**SSCurveOpt**	**SSHysType**	**SHard**	**SMax**	**SRup**	**FinalSlope**
	tonf/cm²	tonf/cm²	tonf/cm²	tonf/cm²			cm/cm	cm/cm	cm/cm	
A572Gr50	3.515	4.57	3.867	5.027	Simple	Kinematic	0.015	0.11	0.17	-0.1

5.2 Cargas

La Tabla 5-6 nos muestra los patrones de carga aplicados al modelo con sus respectivos factores de multiplicación. Cabe aclarar que se tomó un factor de la carga muerta de 1 y semodelaron las cargas de los paneles solares y la carga viva como se muestra en las Figura 5-4, Figura 5-5 y Figura 5-6.

Tabla 5-5. Patrones de carga

TABLE: Load Pattern Definitions			
Name	**Is Auto Load**	**Type**	**Self Weight Multiplier**
D	No	Dead	1
Fx	No	Seismic	0
Fy	No	Seismic	0
L	No	Live	0
W	No	Wind	0

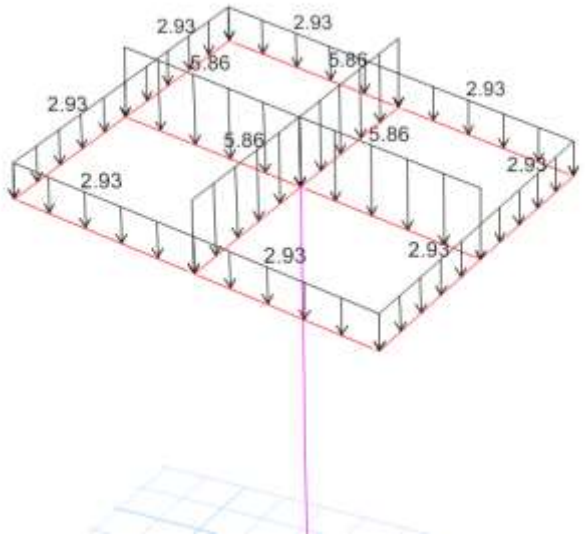


Figura 5-4. Distribución de Carga Muerta (Paneles Solares)

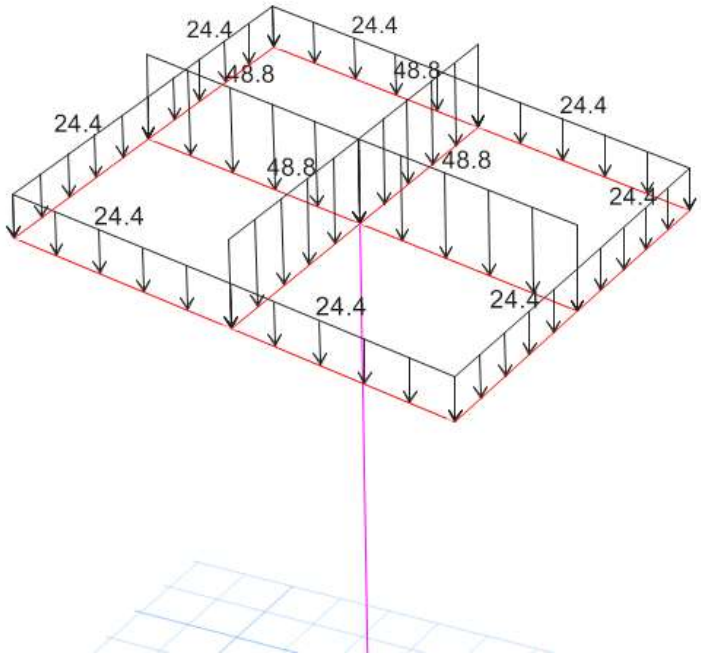


Figura 5-5. Distribución de Carga Viva

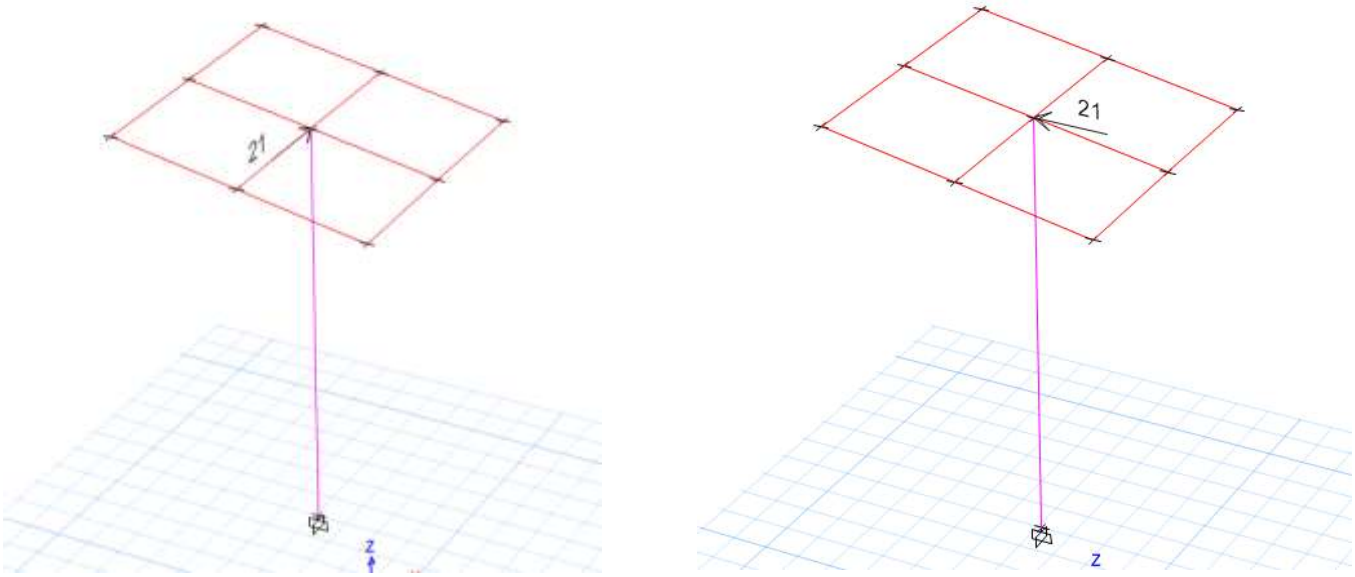


Figura 5-6. Fuerza horizontal debido al sismo.

5.3 Resultados Obtenidos

A continuación, se puede observar los resultados obtenidos a partir del modelo de Etabs, en donde se aprecia los esfuerzos a compresión (P), a cortante (V), la torsión y los momentos generados en cada uno de los elementos con una combinación de carga envolvente.

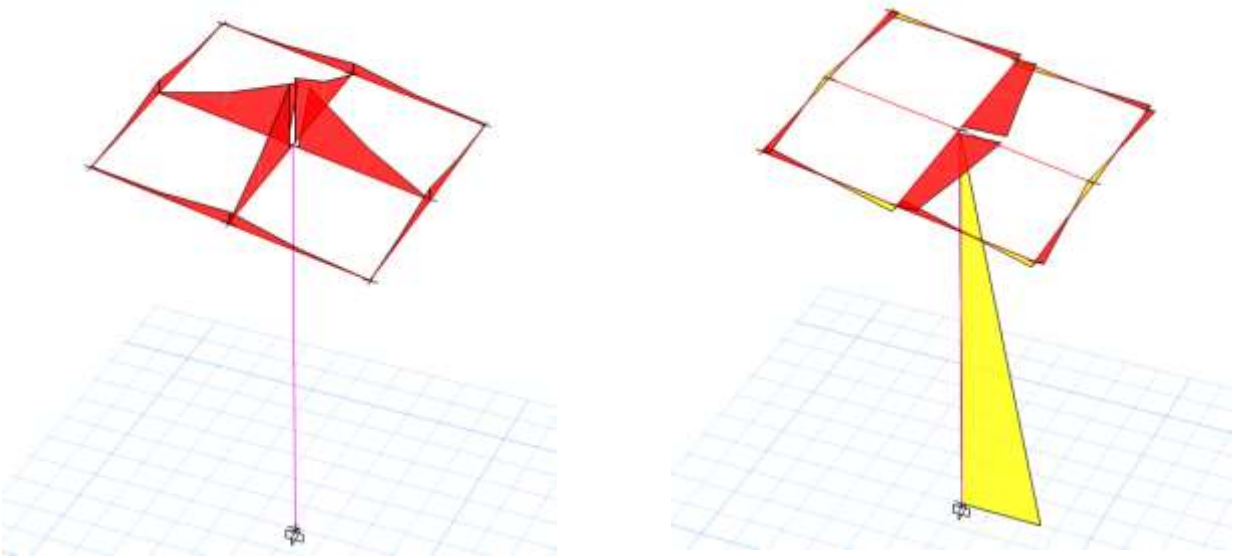


Figura 5-7. Diagrama de Momentos de la estructura

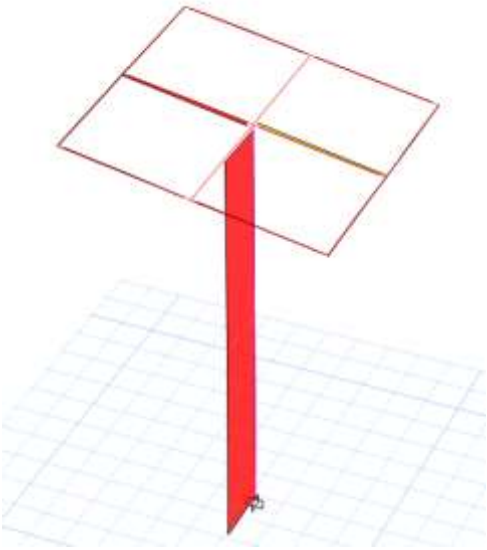


Figura 5-8. Diagrama de Carga axial de la estructura

Tabla 5-6. Esfuerzos en los elementos

TABLE: Element Forces - Beams												
Story	Beam	Unique Name	Output Case	Station	P	V2	V3	T	M2	M3	Element	Elem Station
				m	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m		m
Story1	B7	8	D	0	0	12.48	1.75	0	-1.28	0.31	8	0
Story1	B7	8	D	0.4778	0	18.7	1.75	0	-2.11	-7.14	8	0.4778
Story1	B7	8	D	0.9556	0	24.91	1.75	0	-2.95	-17.56	8	0.9556
Story1	B7	8	L	0	0	46.83	6.56	0	-4.79	1.16	8	0
Story1	B7	8	L	0.4778	0	70.14	6.56	0	-7.92	-26.78	8	0.4778
Story1	B7	8	L	0.9556	0	93.46	6.56	0	-11.05	-65.86	8	0.9556
Story1	B7	8	Fx	0	0	0	0	0	0	0	8	0
Story1	B7	8	Fx	0.4778	0	0	0	0	0	0	8	0.4778
Story1	B7	8	Fx	0.9556	0	0	0	0	0	0	8	0.9556
Story1	B7	8	Fy	0	0	0	0	0	0	0	8	0
Story1	B7	8	Fy	0.4778	0	0	0	0	0	0	8	0.4778
Story1	B7	8	Fy	0.9556	0	0	0	0	0	0	8	0.9556
Story1	B7	8	W	0	0	0	0	0	0	0	8	0
Story1	B7	8	W	0.4778	0	0	0	0	0	0	8	0.4778
Story1	B7	8	W	0.9556	0	0	0	0	0	0	8	0.9556
Story1	B7	8	D+L	0	0	59.31	8.31	0	-6.06	1.47	8	0
Story1	B7	8	D+L	0.4778	0	88.84	8.31	0	-10.03	-33.92	8	0.4778
Story1	B7	8	D+L	0.9556	0	118.37	8.31	0	-14	-83.42	8	0.9556
Story1	B7	8	1.4 D	0	0	17.48	2.45	0	-1.79	0.43	8	0
Story1	B7	8	1.4 D	0.4778	0	26.18	2.45	0	-2.96	-9.99	8	0.4778
Story1	B7	8	1.4 D	0.9556	0	34.88	2.45	0	-4.13	-24.58	8	0.9556
Story1	B7	8	1.2 D + 1.6 L	0	0	92.4	12.94	0	-9.44	2.3	8	0
Story1	B7	8	1.2 D + 1.6 L	0.4778	0	138.4	12.94	0	-15.63	-52.84	8	0.4778
Story1	B7	8	1.2 D + 1.6 L	0.9556	0	184.41	12.94	0	-21.81	-129.96	8	0.9556
Story1	B7	8	1.2D + L + Fx	0	0	61.81	8.66	0	-6.32	1.54	8	0
Story1	B7	8	1.2D + L + Fx	0.4778	0	92.58	8.66	0	-10.45	-35.34	8	0.4778
Story1	B7	8	1.2D + L + Fx	0.9556	0	123.35	8.66	0	-14.59	-86.93	8	0.9556
Story1	B7	8	1.2 D + L - Fx	0	0	61.81	8.66	0	-6.32	1.54	8	0
Story1	B7	8	1.2 D + L - Fx	0.4778	0	92.58	8.66	0	-10.45	-35.34	8	0.4778
Story1	B7	8	1.2 D + L - Fx	0.9556	0	123.35	8.66	0	-14.59	-86.93	8	0.9556
Story1	B7	8	1.2 D + L +Fy	0	0	61.81	8.66	0	-6.32	1.54	8	0
Story1	B7	8	1.2 D + L +Fy	0.4778	0	92.58	8.66	0	-10.45	-35.34	8	0.4778
Story1	B7	8	1.2 D + L +Fy	0.9556	0	123.35	8.66	0	-14.59	-86.93	8	0.9556
Story1	B7	8	1.2 D + L - Fy	0	0	61.81	8.66	0	-6.32	1.54	8	0
Story1	B7	8	1.2 D + L - Fy	0.4778	0	92.58	8.66	0	-10.45	-35.34	8	0.4778
Story1	B7	8	1.2 D + L - Fy	0.9556	0	123.35	8.66	0	-14.59	-86.93	8	0.9556

TABLE: Element Forces - Beams												
Story	**Beam**	**Unique Name**	**Output Case**	**Station**	**P**	**V2**	**V3**	**T**	**M2**	**M3**	**Element**	**Elem Station**
				m	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m		m
Story1	B7	8	Envolvente	0	0	517.54	72.5	0	-52.9	12.86	8	0
Story1	B7	8	Envolvente	0.4778	0	775.23	72.5	0	-87.54	-295.96	8	0.4778
Story1	B7	8	Envolvente	0.9556	0	1032.93	72.5	0	-122.18	-727.91	8	0.9556
Story1	B7	8	1.2D+1L+1.6W	0	0	89.9	12.59	0	-9.19	2.23	8	0
Story1	B7	8	1.2D+1L+1.6W	0.4778	0	134.66	12.59	0	-15.21	-51.41	8	0.4778
Story1	B7	8	1.2D+1L+1.6W	0.9556	0	179.43	12.59	0	-21.22	-126.44	8	0.9556
Story1	B7	8	0.9D+1.6W	0	0	11.23	1.57	0	-1.15	0.28	8	0
Story1	B7	8	0.9D+1.6W	0.4778	0	16.83	1.57	0	-1.9	-6.42	8	0.4778
Story1	B7	8	0.9D+1.6W	0.9556	0	22.42	1.57	0	-2.65	-15.8	8	0.9556

6 COMPROBACION DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

6.1 Comprobación de diseño de la estructura soporte principal

Para el diseño de las columnas de acero se utiliza el titulo F de la Nsr-10 titulado"Estructuras metálicas". Para esta comprobación se tiene en cuenta:

$$Modulo\ de\ Elasticidad\ (E) = 200\ GPa Fy = 360\ MPa$$

$$Dimensiones_{poste} = 3" de\ diametro, 4\ mm\ de\ espesor$$

Con estos datos de partida encontramos:

$$Area\ _{sección} = \pi * \left(\frac{88.9}{2}\right)^2 - \pi * \left(\frac{88.9-4}{2}\right)^2 = 546.008\ mm^2 = 5.46 cm^2$$

$$Inercia = \frac{\pi}{4} * \left[\left(\frac{8.89}{2}\right)^4 - \left(\frac{8.89-0.4}{2}\right)^4\right] = 51.567\ cm^4$$

$$Radio\ de\ giro = \sqrt{\frac{53.18}{5.52}} = 3.07 cm$$

La tabla F.2.2.4-1 nos especifica los valores límites de la relación ancho/espesor de una estructura de acero tubular.

$$\frac{D}{t} < 0.11 * \frac{E}{Fy}$$

$$\frac{88.9}{2} < 0.11 * \frac{200000}{360}$$

44.45<61.11 **OK**

Al tratarse de una estructura con miembros de ductilidad moderada (Tabla F.3.4.1 NSR-10) se debe cumplir que para elementos a compresión la relación ancho/espesor no debe superar:

$$\frac{D}{t} < 0.044 * \frac{E}{Fy}$$

$$\frac{88.9}{4} = 22.225mm < 24.44mm \quad OK$$

Una vez verificado que las dimensiones cumplen los valores límites, se procede a calcular la resistencia nominal a la compresión la cual tiene que ser mayor a la máxima combinación de cargas. Este procedimiento se realiza con lo establecido en la sección F.2.5 de la norma.

$$\frac{KL}{r} < 200$$

Debido a que es una estructura empotrada, se toma un valor de k de 2, obteniendo:

$$\frac{2 * 300}{3.07} = 195.43 < 200 \; \boldsymbol{OK}$$

De acuerdo con la sección de pandeo por flexión de miembros (F.2.5.3), se verifica que el valor de KL/r tenga una magnitud menor o mayor a 4.71 $\sqrt{\frac{E}{fy}}$ para determinar si experimenta pandeo inelástico o elástico respectivamente.

$$4.71\sqrt{\frac{E}{fy}} = 111.01$$

Una vez verificado que las dimensiones cumplen los valores límites, se procede a calcular la resistencia nominal a la compresión la cual tiene que ser mayor a la máxima combinación. Ya que este valor es menor, se utiliza la ecuación F.2.5.3-3:

$$F_{cr} = 0.877 * \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 0.877 * \frac{\pi^2 * E}{(195.43)^2} = 45.32 \; MPa$$

Por último, se encuentra la resistencia nominal a compresión (Pn)

$$Pn = F_{cr} * A = 45.32 \; MPa * (0.000546 \; m^2) = 24.75 \; KN = 2475 \; Kgf$$

Para las vigas se verifica que el radio de giro de los perfiles cumpla con la longitud de arriostramiento que se está manejando en el soporte del panel solar, esto con base en la ecuación de longitud de arriostramiento F.3.4.1-2 de la NSR-10 para miembros con ductilidad moderada.

$$Lb \; = \; 0.17 * Ry * Ey/Fy$$

De la ecuación anterior se obtiene que:

$$Ry = \frac{Lb}{0.17} * \frac{Fy}{Ey} \; = \frac{1.0m}{0.17} * \frac{360}{200000} = 0.0105m = 1.05cm$$

Por tanto, con un ángulo de 1 ½”x1/8” cumple ya que este posee un ry de 1.17cm

Por otro lado, realizando la verificación de valores límites de la relación ancho/espesor para elementos a compresión en miembros a flexión tenemos que:

$$\frac{D}{t} < 0.54\sqrt{\frac{E}{Fy}} \quad ==> 11.98mm < 12.73mm$$

6.2 Comprobación de diseño de la estructura por medio de Etabs

Teniendo en cuenta la modelación realizada en Etabs se puede realizar una comprobación del diseño de todos los elementos de la estructura. Esta comprobación se realiza de acuerdo con el código AISC 360 -16. Con base en el modelo se aumentaron los elementos que estaban con mayores índices de sobreesfuerzo hasta que estos se encontraran trabajando por debajo del 100% de su capacidad; esto implicó un aumento de sección en los ángulos intermedios que se conectan directamente con la columna de soporte del panel, pasando de ser ángulos de 1/8"x 1 ½" a tener una sección de 1/8"x2", pero solamente con los ángulos intermedios. Los ángulos de los bordes si mantenían su sección constante de 1/8"x 1 ½".

Como se puede observar en la Figura 6-2 y Tabla 6-1 comprobación de la estructura, los ángulos de los bordes tienen un bajo porcentaje de trabajo (58%) y los ángulos intermedios o centrales están trabajando en un 83%. El perfil circular principal se encuentra trabajando en un 19 %,lo cual significa que es un elemento debidamente diseñado ya que se encuentra trabajando en sus condiciones óptimas. Cabe mencionar que en la imagen y la tabla aparece un mensaje donde se indica que los perfiles de ángulos no son sísmicamente compactos para miembros altamente dúctiles, sin embargo, este chequeo correspondiente AISC 341-16 E3.4a, 8.2b, Tabla I-8-1 no aplica para este tipo de elementos. Por lo que puede omitirse el mensaje. Además como se trata de miembros con ductilidad moderada se realiza un

De acuerdo con este análisis, se puede decir que la estructura se encuentra debidamente diseñada y que no tendrá problemas de colapso debido a que no hay elementos críticos, ni elementos en condiciones de falla, por lo tanto, se aprueban los materiales de estructura consistentes en una estructura metálica de soporte, incluyendo el **Tubo galvanizado 3" x 4mm x 3m**, con **inclinación de 10°** para garantizar la escorrentía del agua lluvia, con orientación siempre a un **azimut de 180° en dirección al SUR** con una distancia a la vivienda de aproximadamente 3 metros.

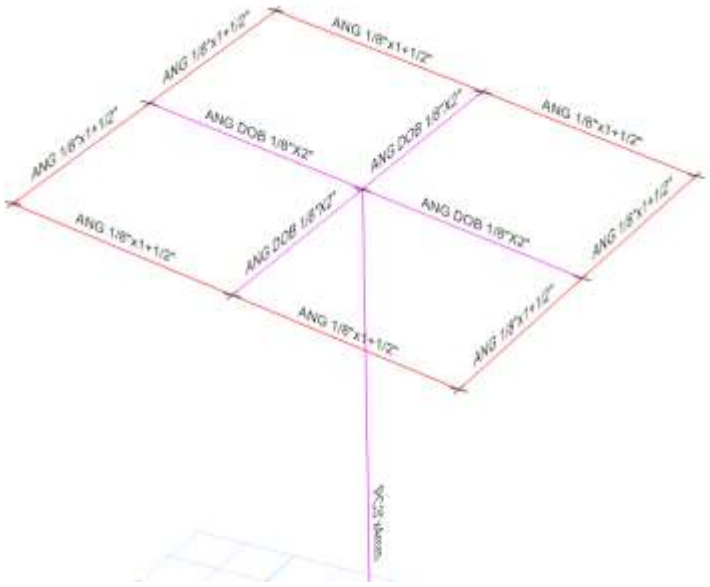


Figura 6-1. Secciones finales de los elementos.

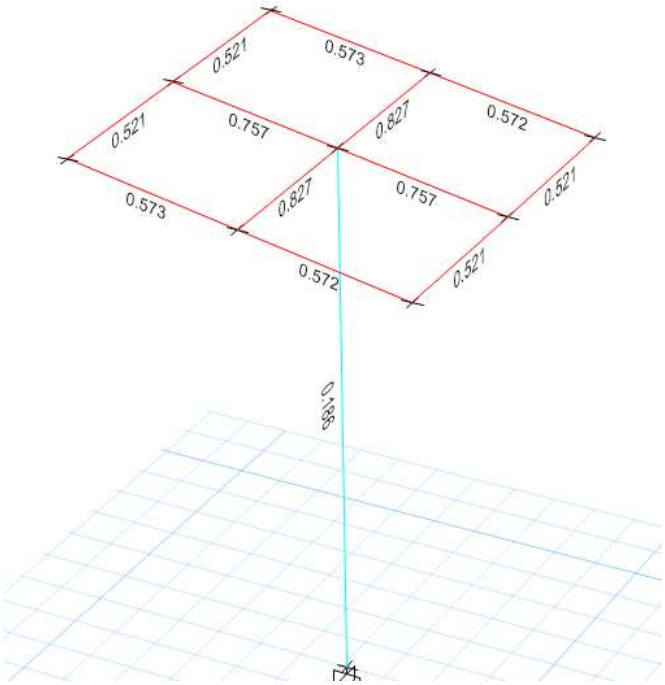


Figura 6-2. Comprobación de la estructura.

Tabla 6-1. Comprobación de la estructura

TABLE: Steel Beam Envelope - AISC 360-16							
Story	**Label**	**UniqueName**	**Section**	**Moment Interaction Check**	**PMM Combo**	**V22 Ratio**	**V33 Ratio**
Story 1	B7	8	ANG DOB 1/8"X2"	Section is not seismically compact for highly ductile members (AISC 341-16 E3.4a, 8.2b, Table I-8-1)	1.2 D + 1.6 L	0.026	0.001
Story 1	B8	9	ANG DOB 1/8"X2"	Section is not seismically compact for highly ductile members (AISC 341-16 E3.4a, 8.2b, Table I-8-1)	1.2 D + 1.6 L	0.026	0.001
Story 1	B13	6	ANG 1/8"x1+1/2"	Lb/ry > 0.095*E/RyFy ANSI/AISC 341-16 E3.4b, D1.2b)	1.2 D + 1.6 L	0.018	0.001
Story 1	B14	7	ANG 1/8"x1+1/2"	Lb/ry > 0.095*E/RyFy ANSI/AISC 341-16 E3.4b, D1.2b)	1.2 D + 1.6 L	0.018	0.001
Story 1	B15	11	ANG 1/8"x1+1/2"	Lb/ry > 0.095*E/RyFy ANSI/AISC 341-16 E3.4b, D1.2b)	1.2 D + 1.6 L	0.017	0.003
Story 1	B16	13	ANG DOB 1/8"X2"	Section is not seismically compact for highly ductile members (AISC 341-16 E3.4a, 8.2b, Table I-8-1)	1.2 D + 1.6 L	0.026	0
Story 1	B17	15	ANG 1/8"x1+1/2"	Lb/ry > 0.095*E/RyFy ANSI/AISC 341-16 E3.4b, D1.2b)	1.2 D + 1.6 L	0.017	0.003
Story 1	B18	4	ANG 1/8"x1+1/2"	Lb/ry > 0.095*E/RyFy ANSI/AISC 341-16 E3.4b, D1.2b)	1.2 D + 1.6 L	0.018	0.001
Story 1	B19	5	ANG 1/8"x1+1/2"	Lb/ry > 0.095*E/RyFy ANSI/AISC 341-16 E3.4b, D1.2b)	1.2 D + 1.6 L	0.018	0.001
Story 1	B20	10	ANG 1/8"x1+1/2"	Lb/ry > 0.095*E/RyFy ANSI/AISC 341-16 E3.4b, D1.2b)	1.2 D + 1.6 L	0.017	0.003
Story 1	B21	12	ANG DOB 1/8"X2"	Section is not seismically compact for highly ductile members (AISC 341-16 E3.4a, 8.2b, Table I-8-1)	1.2 D + 1.6 L	0.026	0
Story 1	B22	14	ANG 1/8"x1+1/2"	Lb/ry > 0.095*E/RyFy ANSI/AISC 341-16 E3.4b, D1.2b)	1.2 D + 1.6 L	0.017	0.003

7 DIMENSIONAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN

Para la cimentación se diseñará zapatas de concreto reforzado de acuerdo con lo estipulado en la NSR-10, la cual trasmitirá las cargas al estrato portante. Este diseño se realizará de acuerdo con las peores condiciones del suelo observado con el objetivo de proporcionar la estabilidad adecuada a los sistemas y garantizar que los esfuerzos máximos generados sean menores a la capacidad admisible de 10 Ton/m2.

De acuerdo con esto, se realizó el dimensionamiento de la zapata en donde se calculaba las cargas verticales, las cargas horizontales, la excentricidad y los momentos con el objetivo de que el esfuerzo máximo generado sobre la cimentación fuera menor a la capacidad de carga admisible por el suelo de (10 Ton/m2). Adicionalmente, se realizó el cálculo del factor de seguridad del volcamiento teniendo en cuenta que este debe ser mayor a 1.5.

Posteriormente, a que las dimensiones establecidas cumplieran con lo mencionado anteriormente, se procedió a hacer el diseño estructural de la zapata teniendo en cuenta el cortante bidireccional, el cortante unidireccional y el momento a flexión que sufriría con las solicitaciones proporcionadas al dimensionamiento geotécnico.

Asimismo, cabe aclarar que para este estudio no se utiliza la fórmula de Pre-dimensionamiento de $A_{zapata} = \frac{P}{q_{adm}}$, ya que el factor que predomina en el dimensionamiento es el momento generado por el viento.

Por último, es importante hacer la aclaración que el diseño se realizó del supuesto de que el terreno donde se va a implementar el sistema fotovoltaico tiene condiciones desfavorables y tiene una capacidad admisible de 10 Ton/m2. Es por esto, que si las condiciones del terreno son mejores se deberá realizar otra vez el proceso mostrado a continuación con el objetivo de verificar que se cumplan con las condiciones geotécnicas y estructurales establecidas por la norma.

7.1 Cargas verticales

Para las condiciones del estudio se diseñarán zapatas cuadradas con las siguientes dimensiones:

Tabla 7-1. Dimensiones de la cimentación

Dimensiones de la Zapata		
Ancho (B)	0,6	M
Alto (B)	0,6	M
Profundidad (hz)	0,25	M

Dimensiones del pedestal		
Ancho (b)	0,3	m
Alto (b)	0,3	m
Profundidad (hp)	0,25	m

Se tiene que las secciones finales a utilizar en los perfiles son los siguientes:

Elemento	Longitud (m)	Peso unitario (Kg/m)	Peso (Kg)	Cantidad	Total (Kg)
Perfil circular 3"x4.0mm	3.0	8.38	25.14	1	25.14
Ángulo 1/8"x 1 1/2"	1.9	1.82	3.46	2	6.92
Ángulo 1/8"x 2"	2	2.46	4.92	2	9.84
Ángulo 1/8"x 2"	1.95	2.46	4.80	2	9.60
Ángulo 1/8"x 1 1/2"	0.9	1.82	1.64	2	3.28
Accesorios de soporte	-	-	-	-	10
Peso total de la estructura de soporte (Kg)					64.78

A partir de estas dimensiones, del peso de la estructura y teniendo en cuenta un peso se pueden calcular las cargas verticales sobre el suelo de la zona:

$$Wzapata = 0.6m * 0.6m * 0.25m + 2.4\frac{Ton}{m^3} = 0.216\,Ton$$

$$Wpedestal = 0.3m * 0.3m * 0.25m + 2.4\frac{Ton}{m^3} = 0.054\,Ton$$

$$Wmuerta = 0.113\,Ton$$

$$Wviva = 0.1\,Ton$$

$$Wsuelo = (0.6 - 0.3) * 0.6 * 0.25 * 2.0\frac{Ton}{m^3} = 0.09\,Ton$$

$$Wtotal = 0.573\,Ton$$

7.2 Cargas horizontales y Determinación de la excentricidad

La carga horizontal para el diseño de la cimentación será la máxima entre la fuerza de la velocidad de viento y el análisis sísmico. Y conforme a esta se calculará la excentricidad (e).

$$e = \frac{F * h}{W_{total}} = \frac{0{,}031 * 3}{0.573} = 0{,}163\,m$$

7.3 Esfuerzos sobre la cimentación

Se calculan los esfuerzos máximos teniendo en cuenta que estos no sobrepasen la capacidad admisible del suelo. Debido a que la e>B/6.

$$\sigma_{max} = \frac{2 * W}{3 * \left(\frac{B}{2} - e\right) * B} = \frac{2 * 0.573\ Ton}{3 * \left(\frac{0.6}{2} - 0.163\right) * 0.6} = 4.64 \frac{Ton}{m^2} < 10\ \frac{Ton}{m^2}\ \boldsymbol{OK}$$

7.4 Comprobación de Volcamiento

Para verificar el factor de volcamiento el FS tiene que ser mayor a 1.5, teniendo en cuenta como punto de referencia el extremo inferior izquierdo de la zapata.

$$FS = \frac{M\ res.}{M\ act.} = \frac{Wtotal\left(\frac{B}{2} + e\right)}{F.h}$$

$$FS = \frac{0.573\left(\frac{0.6}{2} + 0.163\right)}{0.031 * 3} = 2.85\ \boldsymbol{OK}$$

7.5 Cortante Bidireccional

Para el cortante en dos direcciones se tiene en cuenta lo estipulado en la sección C11.11.1.2 de la NSR 10. La superficie critica perpendicular al plano de la zapata se encuentra a d/2 de la cara del pedestal. Teniendo en cuenta, las dimensiones de la Tabla 7-1 y un recubrimiento (d') de 80 mm (Mayor a 75 mm estipulado por la norma) se calcula el esfuerzo cortante bidireccional:

$$d = hz - d' = 0.25 - \frac{80}{1000} = 0.17$$

$$V_{uu} = \frac{Pu}{B^2} * (B^2 - (b + d)^2) = \frac{4.73}{0.6^2} * (0.6^2 - (0.3 + 0.17)^2) = 2.73 Ton$$

Donde:

Pu : Carga ultima. Pu = 4,73 Ton. *Carga obtenida de Etabs*

De acuerdo con la sección C.11.11.2.1 de la norma, Vuu debe ser menor a:

$$0{,}17 * (3) * \lambda * \sqrt{f'c}\ bo * \mathrm{d} = 53.24\ \mathrm{Ton} > \mathrm{Vuu}\ \mathbf{OK}$$

$$0{,}083 * \left(\frac{As * d}{bo} + 2\right) * \lambda * \sqrt{f'c}\ \mathrm{bo} * \mathrm{d} = 61.30\ \mathrm{Ton} > \mathrm{Vuu}\ \mathbf{OK}$$

$$0{,}33 * \lambda * \sqrt{f'c}\ \mathrm{bo} * \mathrm{d} = 34.45\ \mathrm{Ton} > \mathrm{Vuu}\ \mathbf{OK}$$

Donde:

ϕ : Coeficiente de reducción de resistencia. 0,75F'c : Resistencia nominal del concreto. 21 MPa as: Factor de la posición de la columna. 40
bo : Perímetro de la sección critica. $bo = (2b + 2d) = 1.34\ m$
λ: Para losas de concreto normal. 1,0

7.6 Cortante unidireccional

La sección C.11.11.1.1, especifica el efecto en el comportamiento de la zapata como un elemento tipo viga. Para este caso la sección critica se encuentra a una distancia d de la cara del pedestal. Sin embargo, a esta distancia *d* la zapata ya no existe, por lo que no es necesario realizar dicho chequeo

Este valor debe cumplir con lo establecido en la norma y con la sección C.11.2.1.1:

$$V_{uud} < \emptyset * 0{,}17 * \lambda * \sqrt{f'c} * B * d$$

$$V_{uud} < 5{,}96\ \boldsymbol{Ok}$$

7.7 Momento por flexión

La sección critica en la cual se calcula el momento mayorado máximo se determina pasando un plano vertical a través de la zapata, justo en la cara del pedestal de acuerdo con la sección C.15.4.2 de la NSR-10.

De acuerdo con esto, el momento máximo será:

$$M_u = \frac{P_u}{2 * B} * \left(\frac{B}{2} - \frac{b}{2}\right)^2 = 0.089\ Ton.m$$

7.8 Área de acero de refuerzo

Para calcular el área de acero, es necesario conocer la cuantía requerida para que resiste el momento por flexión. Adicionalmente, la NSR-10 especifica que se debe cumplir con una cuantía mínima de 0,0018.

$$\emptyset M_n > \emptyset * b * d^2 * \rho * fy * \left(1 - 0.59 * \rho * \frac{fy}{f'c}\right)$$

$$\rho = 0{,}00138 < \rho_{min}$$

$$A_s < \rho_{min} * d * B = 0.0018 * 17cm * 60cm = 1.84\ cm^2$$

De acuerdo con esta área de acero, se utilizarán 4 **barras No 3 (3/8')** en ambos sentidos.