	GENERADOR FV REGIMIENTO ANTOFAGASTA	FECHA 27.01.2017
---	--	----------------------------

MATERIA: MEMORIA DE CÁLCULO.-


**PROYECTO: GENERADOR FV, REGIMIENTO
ANTOFAGASTA, EDIFICIO 3°BRIGADA
ACORAZADA.-**

UBICACIÓN: ANTOFAGASTA.-

INFORME DEFINITIVO

TABLA DE REVISIONES

REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	
			Nombre	Firma	Nombre	Firma	Nombre	Firma
B		09.11.16	J.F.P		J.F.P		J.F.P	
C		15.11.16	D.C.U		J.F.P		J.F.P	
D		27.01.17	D.C.U		J.F.P		J.F.P	

	GENERADOR FV REGIMIENTO ANTOFAGASTA	FECHA 27.01.2017
---	--	----------------------------

INDICE

1. ALCANCE.....	3
2. ESTRUCTURACIÓN	5
3. NORMATIVA DE DISEÑO ESTRUCTURAL.....	7
4. BASES DE DISEÑO	7
4.1. MATERIALES.....	7
4.2. SOLICITACIONES.....	8
4.3. COMBINACIONES DE CARGA.....	17
5. MODELO ESTRUCTURAL.-.....	18
6. CARGA DE VIENTO APLICADA	19
7. REACCIONES PRODUCTO DE LA CARGA DE VIENTO	20
8. VERIFICACION COSTANERAS Z 180X75X20X2.0.-.....	21
9. VERIFICACION UNIONES APERNADAS (PANEL CONTRA UPL).....	26
10. VERIFICACION UNIONES APERNADAS (PERFIL UPL Y COSTANERA EXISTENTE).-	28
11. VERIFICACION PERFIL UNISTRUCT 40X40X2mm	30
12. CONCLUSIONES	31
13. TÍTULOS Y PATENTES	32

1. ALCANCE

El proyecto consiste en la instalación de un generador fotovoltaico sobre la cubierta de un galpón existente, del regimiento de Antofagasta, edificio de la 3ª brigada acorazada.

Los Paneles Fotovoltaicos se encontrarán inclinados respecto al plano horizontal en la techumbre del galpón, unos 20°.

Los paneles y la estructura soportante del panel, se encontrarán anclados a las costaneras existentes (por lo que se deben verificar las costaneras existentes), mediante el perfil UPL de unión entre paneles, dichos perfiles UPL deberán estar fijados a un perfil UNISTRUC 40x40x2mm, el cual se une en sus extremos a las costaneras existentes de la estructura mediante pernos.-

La figura siguiente muestra la techumbre del edificio donde se instalarán los paneles fotovoltaicos:

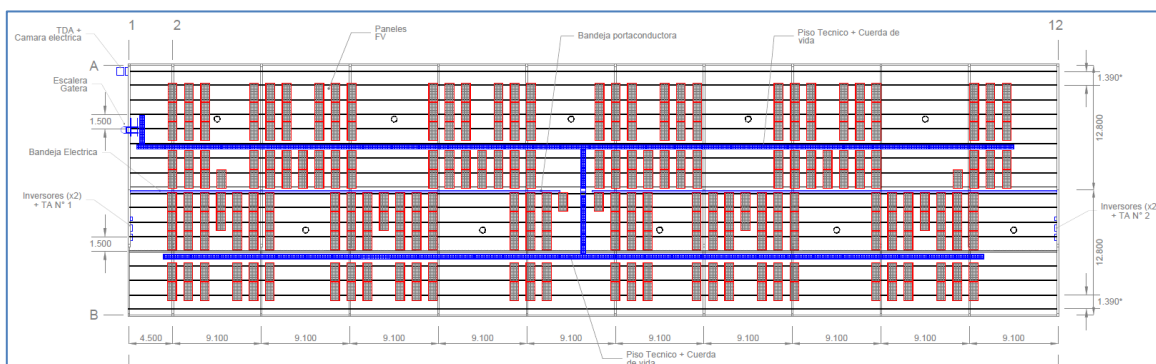


Ilustración 1: Planta de Techumbre, instalación de paneles.-

La planta solar fotovoltaica se instalará en el techo de este edificio en un esquema similar a lo indicado en la Figura 2.

Se muestra a continuación en elevación el marco tipo del Galpón:

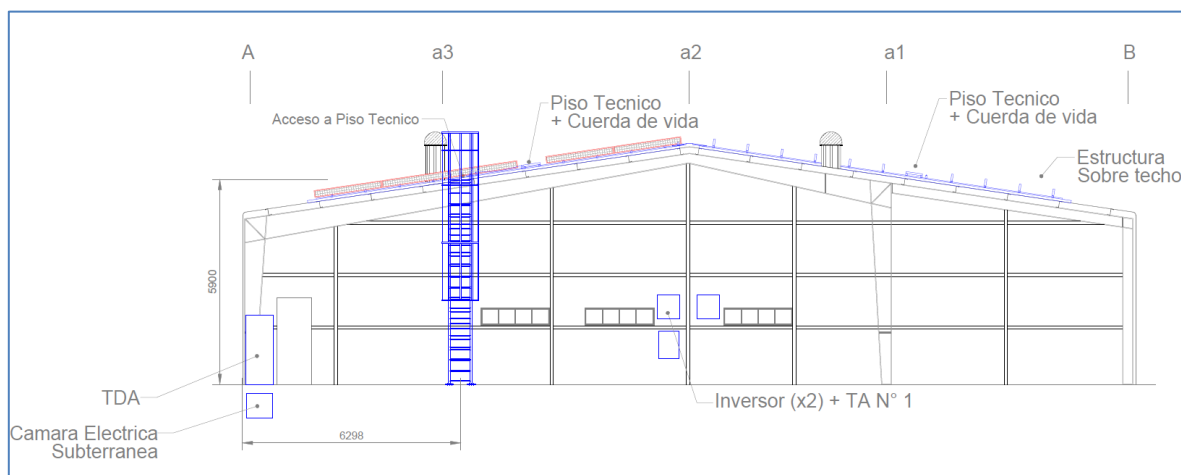


Ilustración 2: Elevación marco tipo.-

2. ESTRUCTURACIÓN

La estructura está compuesta de una escuadra de perfiles de aluminio los cuales dan soporte al panel y se encargan de transmitir los esfuerzos hacia el perfil UPL de apoyo, el cual unido al perfil INISTRUCT 40X40X2, el cual reparte la carga a las costaneras existentes de la estructura.-

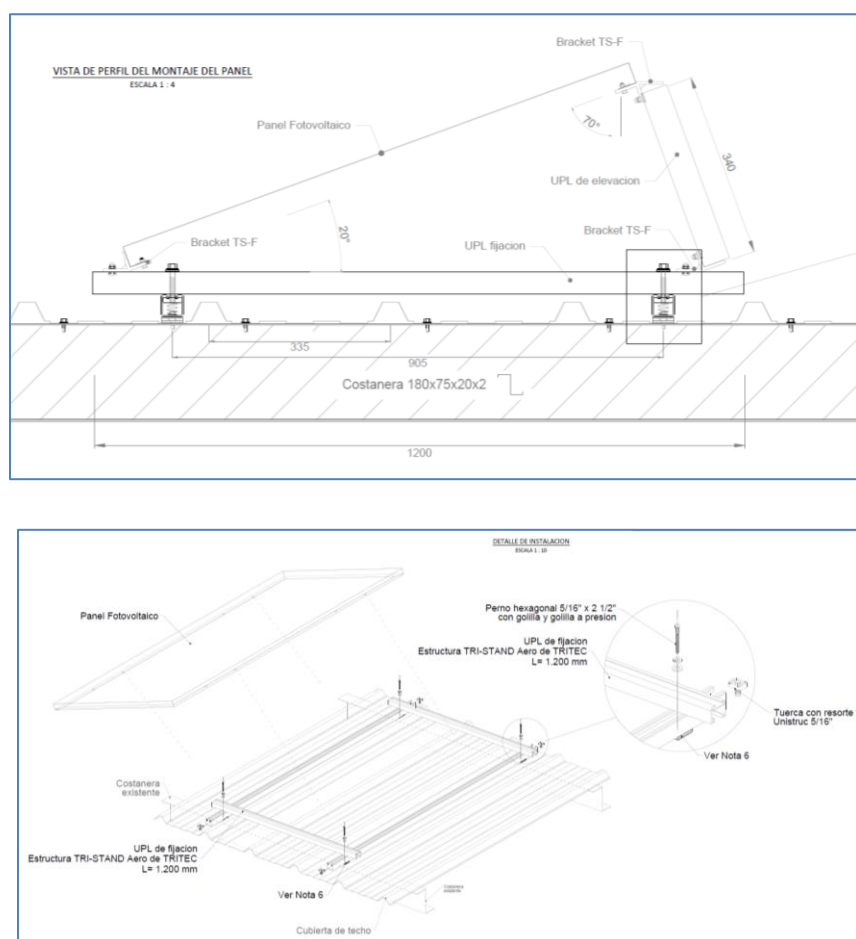


Ilustración 3: ubicación del panel sobre las costaneras de techo.-

Los paneles serán ubicados en la cubierta del edificio galpón, donde serán soportadas por las costaneras existentes del tipo Z180x75x20x2 (Tipo Acero estructural A270ES), las cuales a su vez son soportadas por el marco del Galpón.-

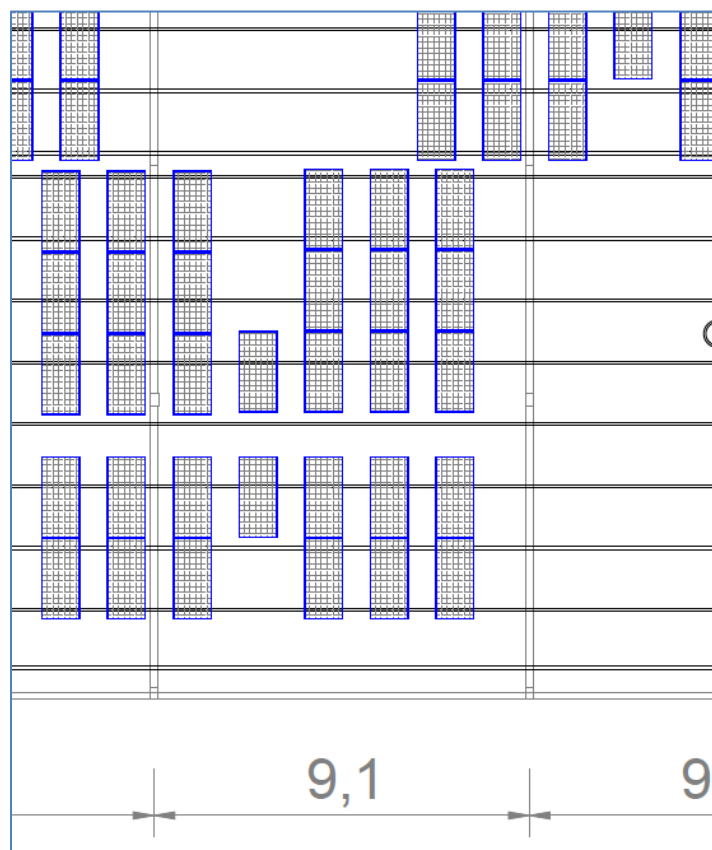



Ilustración 4: Planta de estructura con paneles instalados.-

Los paneles ocuparán aproximadamente el 70% del área total de techo del edificio.-

	GENERADOR FV REGIMIENTO ANTOFAGASTA	FECHA 27.01.2017
---	--	----------------------------

Cada panel pesa 25kgf, y ocupa un área de 2.0 m², lo que equivale a una carga distribuida de:

$$Q = \frac{25 \text{ kgf}}{2 \text{ m}^2} = 12.5 \text{ kgf/m}^2$$

3. NORMATIVA DE DISEÑO ESTRUCTURAL


- “Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones”, NCh 432 Of. 71
- NCh 2369 Of 2003. Diseño Sísmico de Instalaciones industriales. Instituto Nacional de Normalización.
- “Cargas permanentes y cargas de uso”, NCh 1537 Of. 2009.
- “Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales”, NCh 3357 Of. 2015.

4. BASES DE DISEÑO

4.1. MATERIALES

➤ ACERO ESTRUCTURAL MATERIALES PROYECTADOS

- Perfiles Estructurales: A37-24ES, $F_y=2400 \text{ kgf/cm}^2$ – $F_u=3700 \text{ kgf/cm}^2$
- Pernos: TIPO A325
- Aluminio 6161T6, $F_y=2460 \text{ kgf/cm}^2$ – $F_u=2670 \text{ kgf/cm}^2$

	GENERADOR FV REGIMIENTO ANTOFAGASTA	FECHA 27.01.2017
---	--	----------------------------

➤ **ACERO ESTRUCTURAL MATERIALES EXISTENTES**

- Perfiles Estructurales: A37-24ES, $F_y=2400 \text{ kgf/cm}^2$ – $F_u=3700 \text{ kgf/cm}^2$
- Pernos: TIPO A325
- Aluminio 6161T6, $F_y=2460 \text{ kgf/cm}^2$ – $F_u=2670 \text{ kgf/cm}^2$

4.2. SOLICITACIONES

➤ **PESO MUERTO (DEAD).**

- Peso de los paneles por unidad de área $=12.5 \text{ kgf/m}^2$.
- Acero Estructural $=7850 \text{ kgf/m}^3$.
- Aluminio $=2700 \text{ kgf/m}^3$.
- Peso de cada panel con su estructura de soporte $=25 \text{ kgf}$.

➤ **CARGA DE TECHO (L_r).**

- Se considera una carga de techo en la estructura (Según NCh1537) existente de:



**GENERADOR FV
REGIMIENTO
ANTOFAGASTA**

FECHA
27.01.2017

CALCULO DE CARGA DE TECHO

$$L_o := 100 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Carga de techo, solo acceso mantencion

$$B_{\text{ancho}} := 1.5\text{m}$$

Espaciamiento entre costaneras

$$L_{\text{largo}} := 95.5\text{m}$$

Ancho total Galpon

$$A := B_{\text{ancho}} \cdot L_{\text{largo}} = 143.25\text{m}^2$$

Area tributaria Techo

$$F := 14.69$$

Pendiente de Techo %



**GENERADOR FV
REGIMIENTO
ANTOFAGASTA**

FECHA
27.01.2017

CALCULO DE FACTORES DE REDUCCION

Reduccion por area tributaria

$$R_1 := \begin{cases} 1 - 0.008 \cdot A_t & \text{if } A_t < 50 \\ 0.6 & \text{if } A_t \geq 50 \end{cases} = 0.6$$

Reduccion por pendiente

$$R_2 := \begin{cases} 1 - 0.0233 \cdot F & \text{if } F < 30 \\ 0.3 & \text{if } F \geq 30 \end{cases} = 0.658$$

$$R_1 \cdot R_2 = 0.395$$

$$L_r := \begin{cases} L_o & \text{if } R_1 \cdot R_2 \geq 0.84 \\ 0.3 \cdot L_o & \text{if } R_1 \cdot R_2 \leq 0.3 \\ L_o \cdot R_1 \cdot R_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$L_r = 39.463 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Carga de techo reducida

- CARGA DE TECHO (Lr)

=39.5 kgf/m².



**GENERADOR FV
REGIMIENTO
ANTOFAGASTA**

FECHA
27.01.2017

➤ **CARGA SISMICA (E).**

Demanda sísmica en componentes no estructurales:

Zona Sísmica: 3

Tipo Suelo: II, se considera C

$$g = 980.665 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \quad \text{Aceleracion de gravedad}$$

$$Z := 1 \quad \text{Factor por zona sísmica}$$

$$\alpha_{aA} := 1144 \cdot Z = 1.144 \times 10^3 \quad \text{Factor por tipo de suelo}$$


$$I_p := 1 \quad \text{Factor de Importancia}$$

$$W_p := 25 \text{kgf} \quad \text{Peso de cada uno de los paneles solares}$$

$$F_p := \frac{1.6 \cdot \alpha_{aA} \cdot I_p \cdot W_p}{g} \quad \text{Carga Sísmica máxima por panel}$$

$$F_p = 46.7 \text{kgf}$$

La fuerza sísmica lateral por panel corresponde a 46.7kgf.-

	GENERADOR FV REGIMIENTO ANTOFAGASTA	FECHA 27.01.2017
---	--	----------------------------

➤ **VIENTO (W).**

Para instalaciones y equipos en territorio Chileno, las cargas de viento deberán cumplir con NCh 432.

Para estructuras ubicadas en campo abierto o sitios asimilables a estas condiciones, la presión básica del viento de acuerdo a la NCh 432, para una altura de 5.4m (techumbre del edificio), se tiene que:

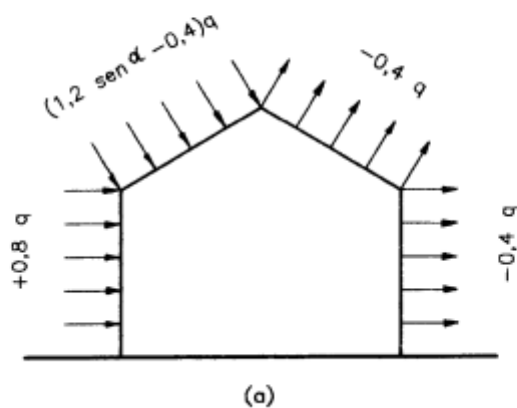
Construcciones situadas en campo abierto, ante el mar, o en sitios asimilables a estas condiciones, a juicio de la Autoridad Revisora	
Altura sobre el suelo, m	Presión básica, q, en kg/m ² *)
0	70
4	70
7	95
10	106
15	118
20	126
30	137
40	145
50	151
75	163
100	170
150	182
200	191
300	209

De la tabla anterior se tiene para la cubierta ubicada a 5.4m de altura:

$$Q_{viento} = 95 \frac{kgf}{m^2}$$

El factor de forma muestra los esquemas de cargas distribuidos para según la pendiente de la estructura, considerando tapa posterior:

NCh432



Resumiendo se tiene que las cargas de viento en dirección sur y norte son:

VIENTO EN DIRECCIÓN FRONTAL AL PANEL

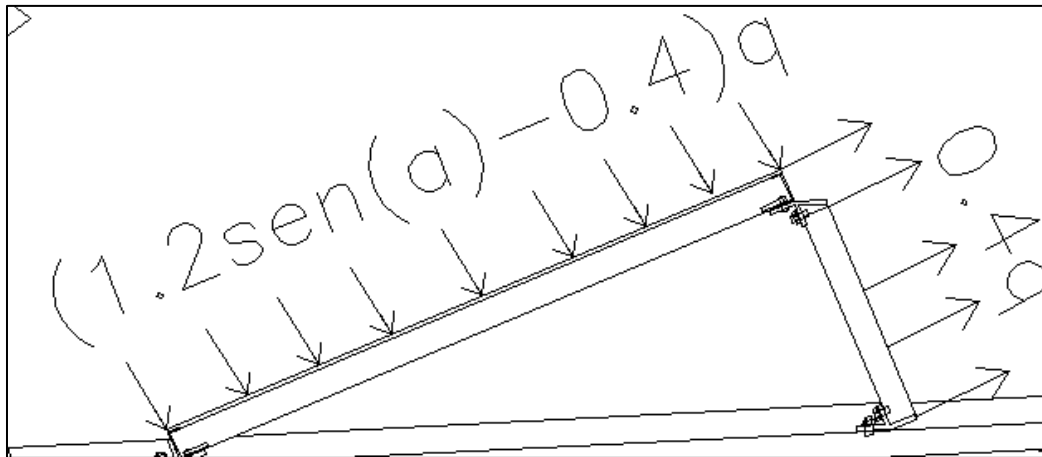


Ilustración 5: Diagrama de cargas de viento dirección norte

Donde:

$$q = 95 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

De la Figura anterior se puede ver que la presión de barlovento es prácticamente cero, y el factor de forma global es 0.4 en succión en la parte posterior.-

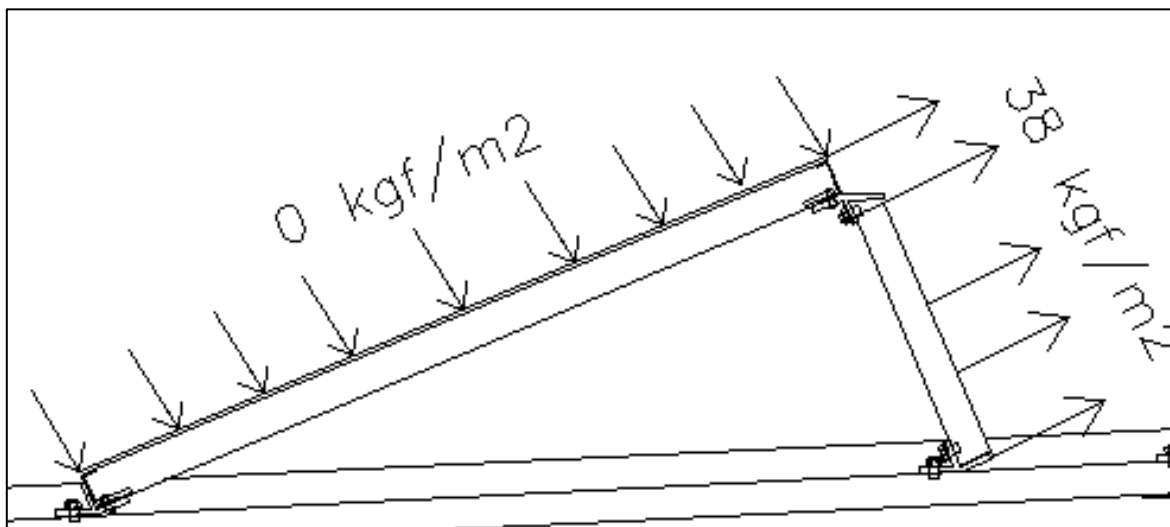


Ilustración 6: Cargas de viento resultantes en dirección frontal al panel.-

VIENTO EN DIRECCIÓN TRASERA AL PANEL

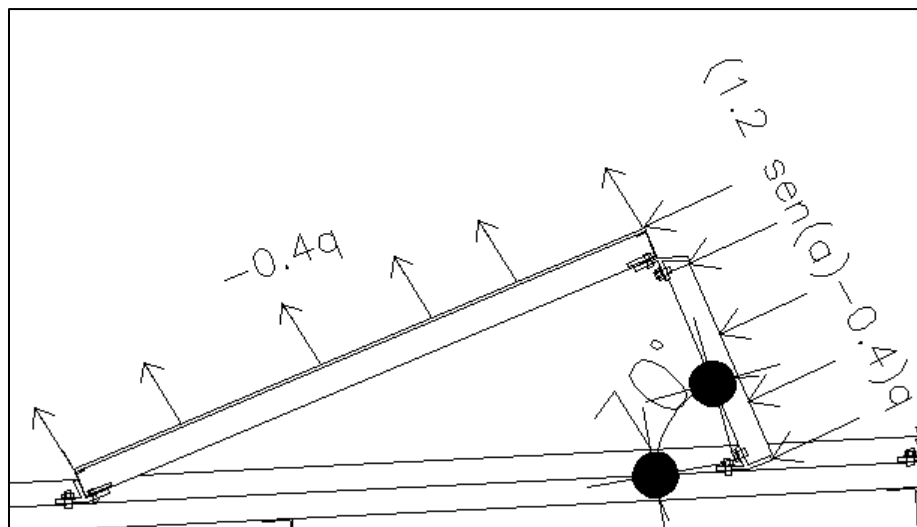


Ilustración 7: Diagrama de cargas de viento dirección trasera al panel

Donde:

$$q = 95 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Reemplazando los valores con su respectiva pendiente, se tiene:

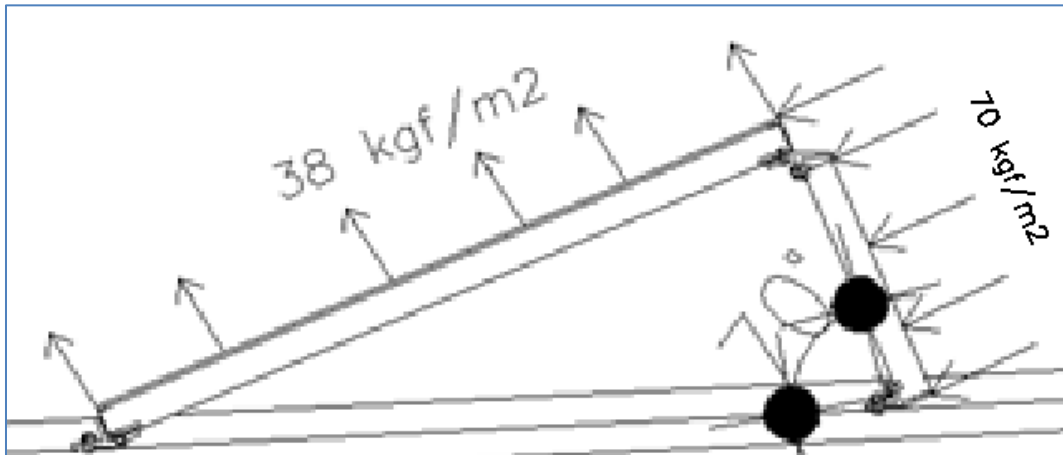


Ilustración 8: Cargas de viento resultantes en dirección Sur.-

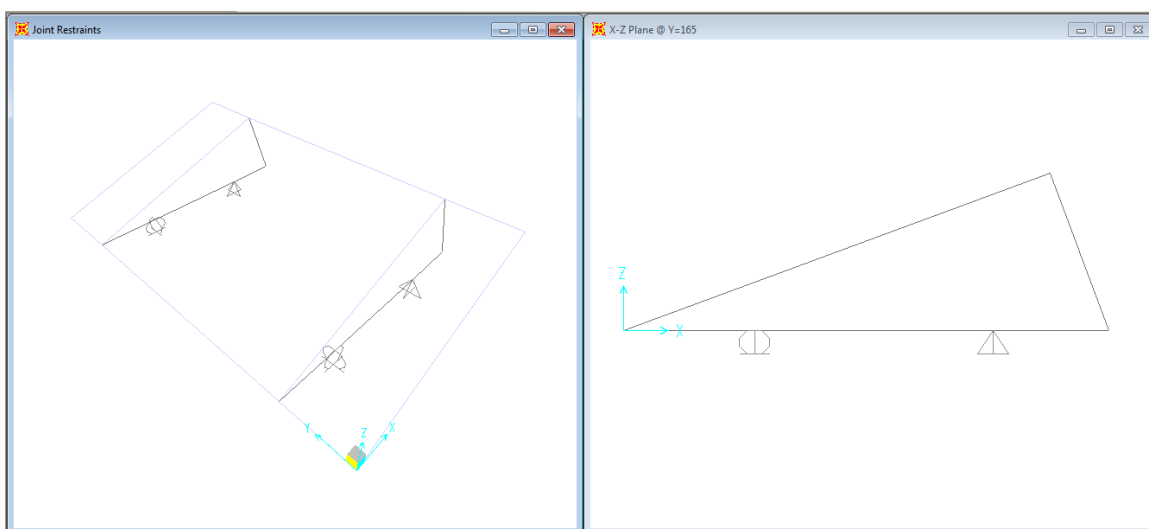
4.3. COMBINACIONES DE CARGA.

Las combinaciones de carga, para el diseño de los elementos estructurales, según el método de las tensiones admisibles (ASD).-

- a) PESO PROPIO
- b) PESO PROPIO + VIENTO FRONTAL
- c) PESO PROPIO + VIENTO TRASERO
- d) VIENTO FRONTAL
- e) VIENTO TRASERO

5. MODELO ESTRUCTURAL.-

Para obtener los esfuerzos máximos para el diseño de los elementos que componen la estructura, se elabora un modelo tridimensional de la estructura en el programa de análisis Sap2000 v14.1, a continuación se muestra el modelo de la estructura:



6. CARGA DE VIENTO APLICADA

Se aplican las cargas, debido al viento norte y sur, como se muestra en la siguiente figura:

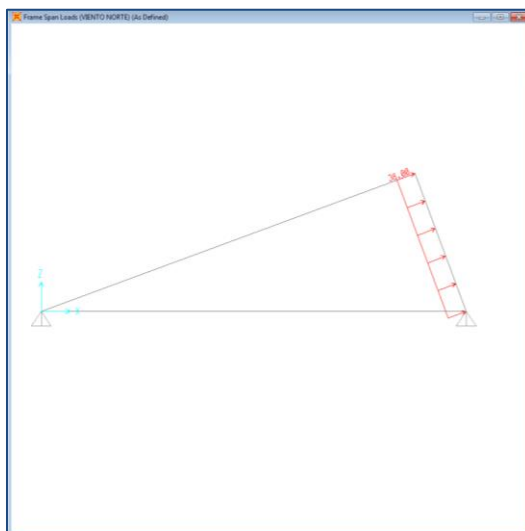


Ilustración 9: Cargas por Viento frontal

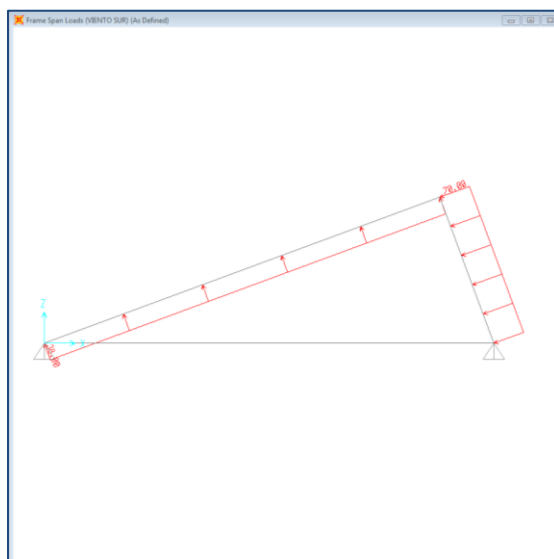
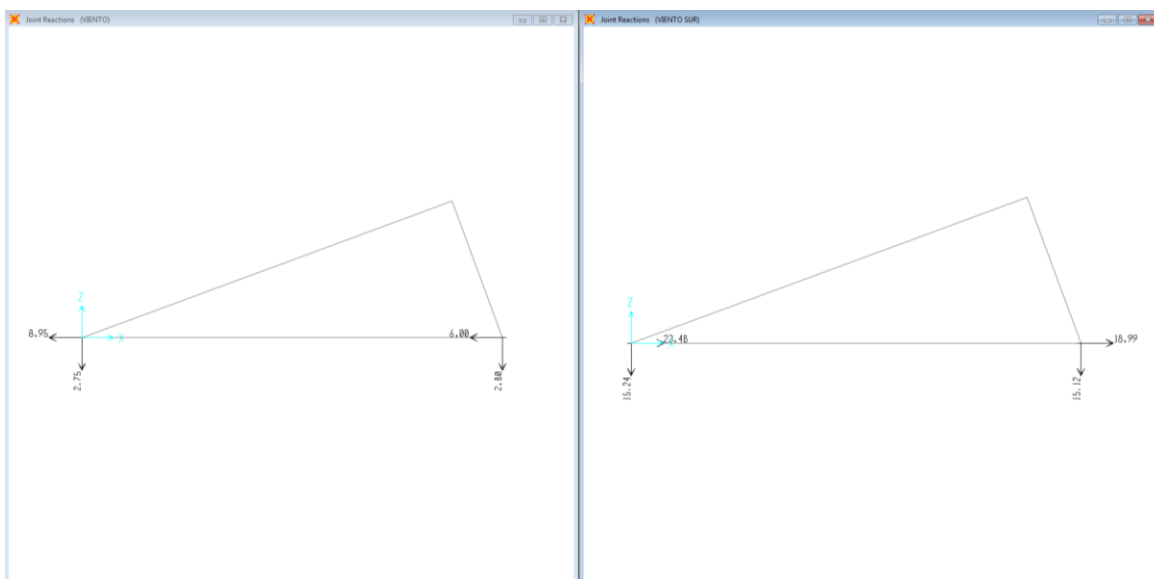


Ilustración 10: Cargas por viento trasero.-

7. REACCIONES PRODUCTO DE LA CARGA DE VIENTO

Se determinan las cargas en los apoyos:

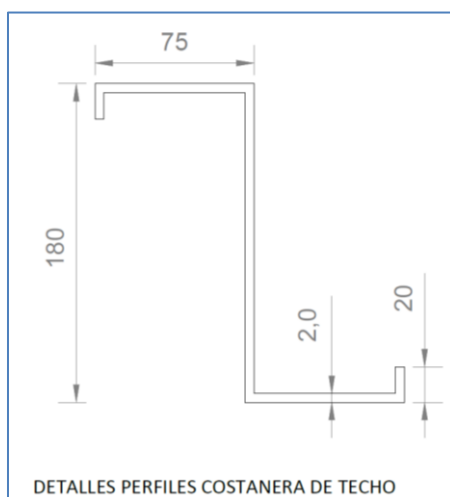


Las reacciones más desfavorables son las producidas por el viento en dirección Trasera, donde se generan tracciones de 15.3kgf y esfuerzo de corte máximo proveniente del sismo de 46.7kgf

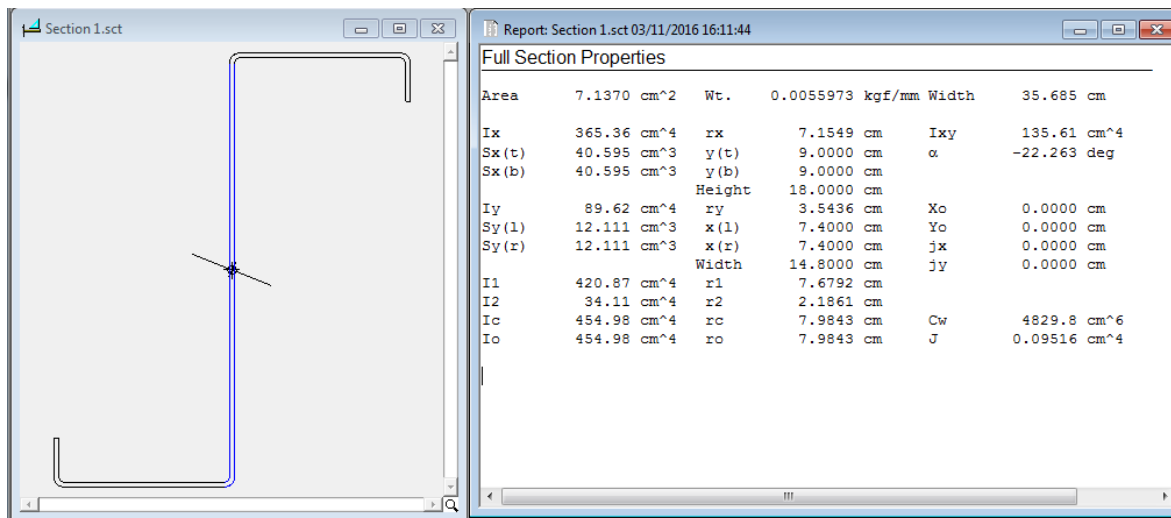
Dichas reacciones son traspasadas al perfil UPL, en toda la longitud.-

8. VERIFICACION COSTANERAS Z 180X75X20X2.0.-

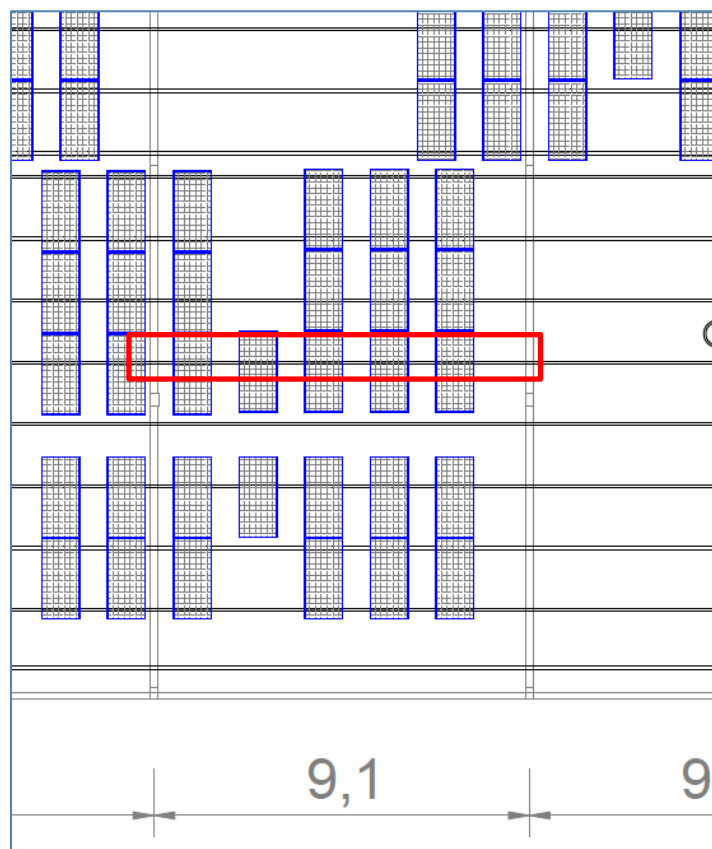
La costanera existente en el techo del galpón, corresponde a la que se muestra en la siguiente figura:



Calculando las propiedades de la sección se tiene:



De acuerdo a la distribución de paneles se tiene que, la zona critica a analizar:





**GENERADOR FV
REGIMIENTO
ANTOFAGASTA**

FECHA
27.01.2017

Costanera tipo Z180x75x20x2.0

Peso propio de la costanera	$q_{pp} := 0.0055973 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}}$
Inercia eje fuerte de la costanera	$I_{xx} := 365.36 \text{cm}^4$
Modulo Resistente	$S_x := 40.595 \text{cm}^3$
Fluencia del Acero	$F_y := 2700 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Modulo de Elasticidad	$E := 2100000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
Largo de la costanera:	$L_{\text{cost}} := 9.1 \text{m}$
Espaciamiento entre costaneras:	$B := 1.5 \text{m}$
Peso de cada panel solar:	$P_{\text{panel}} := 25 \text{kgf}$
Cantidad de paneles cargando la costanera:	$N_{\text{panel}} := 5$

Cargas por peso propio

$$q_{pp} = 0.056 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

Cargas en techo por NCh1537

$$q_{NCh} := 39.5 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \cdot B = 0.593 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

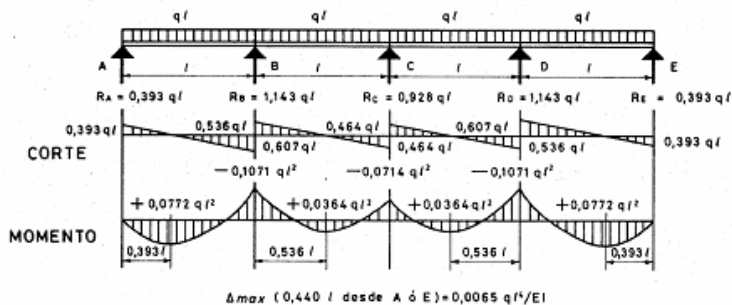
Cargas por peso panel solar

$$q_{\text{panel}} := \frac{P_{\text{panel}} \cdot N_{\text{panel}}}{L_{\text{cost}}}$$

$$q_{\text{panel}} = 0.137 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

Esfuerzo de mometo flexion

39. Carga uniformemente distribuida en todos los tramos



$$q_{\text{total}} := q_{pp} + q_{NCh} + q_{\text{panel}} = 0.786 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

$$M_{\text{max}} := 0.0714 \cdot q_{\text{total}} \cdot L_{\text{cost}}^2 = 464.636 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{adm}} := \frac{S_x \cdot F_y}{1.67} = 6.563 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$F_u := \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{adm}}} = 70.793 \%$$

Perfil cumple a Flexión



**GENERADOR FV
REGIMIENTO
ANTOFAGASTA**

FECHA
27.01.2017

Deformacion maxima en la costanera

$$\Delta_{\text{máx}} := \frac{0.0065 \cdot q_{\text{total}} \cdot L_{\text{cost}}^4}{E \cdot I_{xx}} = 4.565 \cdot \text{cm}$$

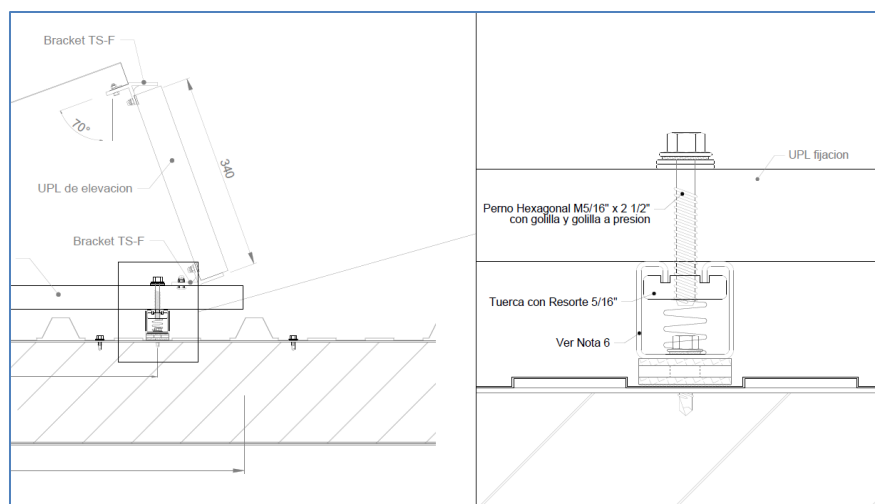
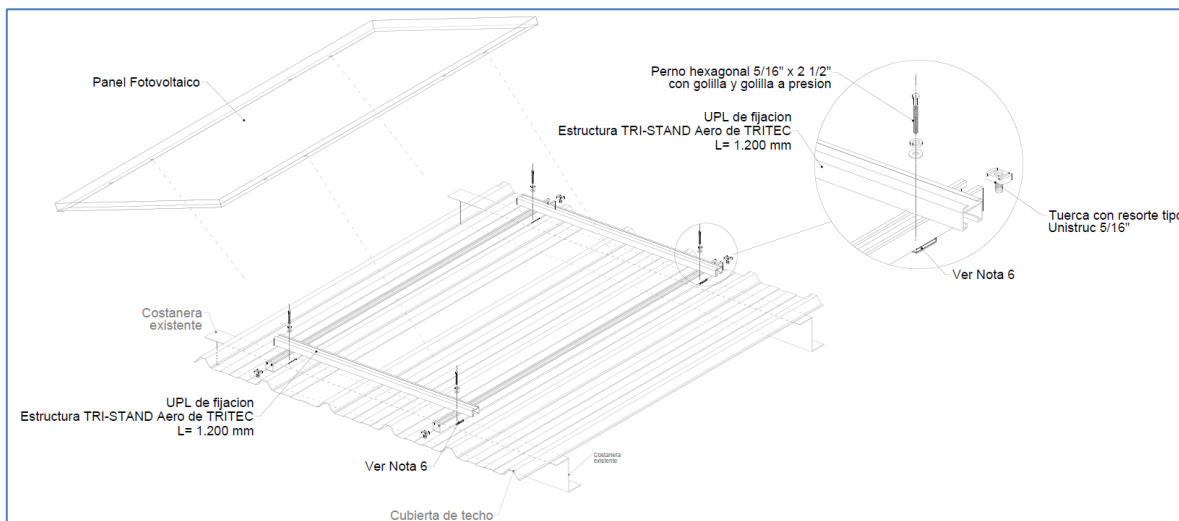
$$\Delta_{\text{adm}} := \frac{L_{\text{cost}}}{200} = 4.55 \cdot \text{cm}$$

$$F_{u\Delta} := \frac{\Delta_{\text{máx}}}{\Delta_{\text{adm}}} = 100.337 \cdot \%$$

Perfil cumple por deformacion

9. VERIFICACION UNIONES APERNADAS (PANEL CONTRA UPL)

Se verificará la unión del panel con el perfil de amarre UPL:



Las reacciones más desfavorables son las producidas por el viento en dirección Trasera, donde se generan tracciones de 15.3kgf y esfuerzo de corte máximo de 46.7kgf proveniente del sismo.-

Verificación perno M5/16"

Pernos A307, rosca no incluida en el plano de corte

Tensión de tracción nominal:

$$F_{nt} := 3160 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de corte nominal:

$$F_{nv} := 1680 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Diámetro del perno M12:

$$\phi_p := \frac{5}{16} \text{ in}$$

Area transversal del perno:

$$A_b := \frac{\pi}{4} \cdot \phi_p^2 = 0.495 \cdot \text{cm}^2$$

Factor de seguridad:

$$\Omega := 2$$

Tracción admisible:

$$T_p := \frac{F_{nt} \cdot A_b}{\Omega} = 781.834 \cdot \text{kgf}$$

Corte admisible:

$$V_p := \frac{F_{nv} \cdot A_b}{\Omega} = 415.658 \cdot \text{kgf}$$

APLASTAMIENTO

Tensión última del acero:

$$F_u := 420 \text{ MPa}$$

Espesor mín a unir:

$$t := 1.5 \text{ mm}$$

Dist. mín entre el borde y la perforación
o a la perf. adyacente:

$$L_c := 2 \text{ cm}$$

Diámetro del perno:

$$d := \phi_p = 0.794 \cdot \text{cm}$$

Resistencia nominal a aplastamiento:

$$R_n := \min(1.2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u, 2.4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) = 1.224 \cdot \text{tonnef}$$

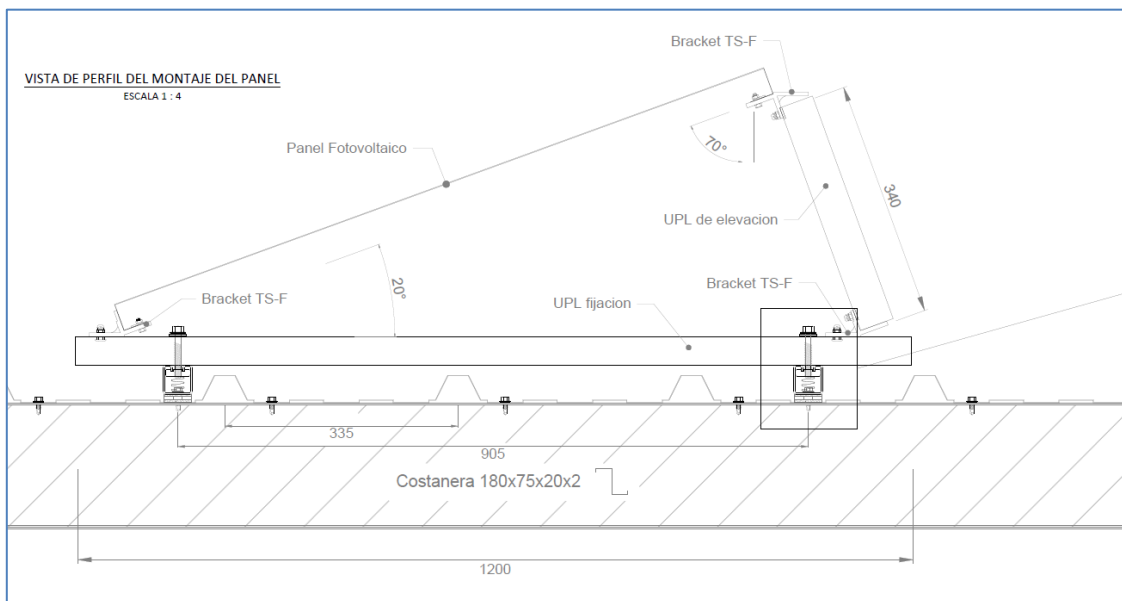
Resistencia admisible al aplastamiento:

$$R_a := \frac{R_n}{\Omega} = 611.906 \cdot \text{kgf}$$

Nota: Se verifica que las tensiones admisibles en el perno, son mayores a las solicitantes.-

10. VERIFICACION UNIONES APERNADAS (PERFIL UPL Y COSTANERA EXISTENTE).-

Se verificará la unión del panel con el perfil de amarre UPL:



Las reacciones más desfavorables son las producidas por el viento en dirección Trasera, donde se generan tracciones de 15.3kgf y esfuerzo de corte máximo de 23.5kgf, por cada panel, y en la costanera más desfavorable hay 5 paneles, lo que hace un total de:

$$T = 15.3kgf * 5 = 76.5kg$$

$$V = 46.7kgf * 5 = 233.5kg$$

Al verificar las tensiones admisibles del perno M5/16"x2 1/2", se tiene que:



**GENERADOR FV
REGIMIENTO
ANTOFAGASTA**

FECHA
27.01.2017

Pernos A307, rosca no incluida en el plano de corte

Tensión de tracción nominal:

$$F_{nt} := 3160 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Tensión de corte nominal:

$$F_{nv} := 1680 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Diámetro del perno M12:

$$\phi_p := \frac{5}{16} \text{ in}$$

Area transversal del perno:

$$A_b := \frac{\pi}{4} \cdot \phi_p^2 = 0.495 \cdot \text{cm}^2$$

Factor de seguridad:

$$\Omega := 2$$

Tracción admisible:

$$T_p := \frac{F_{nt} \cdot A_b}{\Omega} = 781.834 \cdot \text{kgf}$$

Corte admisible:

$$V_p := \frac{F_{nv} \cdot A_b}{\Omega} = 415.658 \cdot \text{kgf}$$

APLASTAMIENTO

Tensión última del acero:

$$F_u := 420 \text{ MPa}$$

Espesor mín a unir:

$$t := 1.5 \text{ mm}$$

Dist. mín entre el borde y la perforación
o a la perf. adyacente:

$$L_c := 2 \text{ cm}$$

Diámetro del perno:

$$d := \phi_p = 0.794 \cdot \text{cm}$$

Resistencia nominal a aplastamiento:

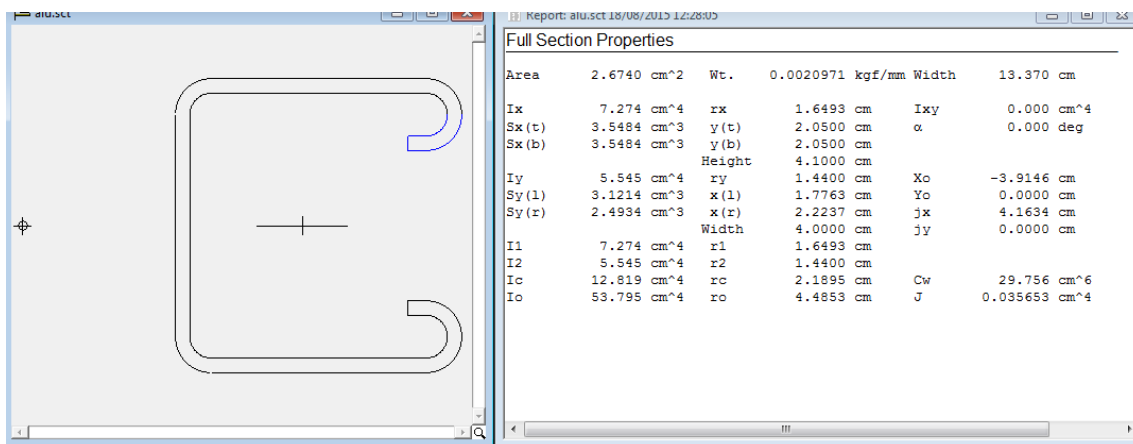
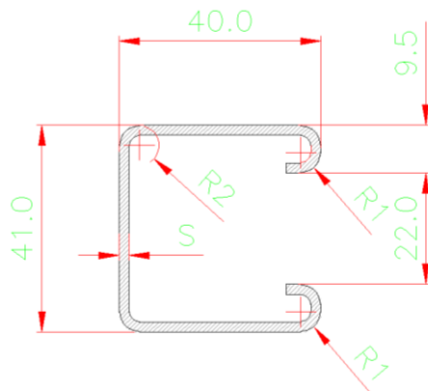
$$R_n := \min(1.2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u, 2.4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) = 1.224 \cdot \text{tonnef}$$

Resistencia admisible al aplastamiento:

$$R_a := \frac{R_n}{\Omega} = 611.906 \cdot \text{kgf}$$

Nota: Se verifica que las tensiones admisibles en el perno, son mayores a las solicitantes.-


11. VERIFICACION PERFIL UNISTRUCT 40X40X2mm



Momento admisible: $0.6 \cdot 2450 \text{ kgf/cm}^2 \cdot 2.49 \text{ cm}^3 = 3660.3 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$


Momento Solicitante: $23.5 \text{ kgf} \cdot 120 \text{ cm} / 4 = 705 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$

Nota: Se verifica el perfil Unistruct 40x40x2.-

	GENERADOR FV REGIMIENTO ANTOFAGASTA	FECHA 27.01.2017
---	--	-----------------------------

12. CONCLUSIONES

Se concluye que la costanera de la bodega, al considerarla continua en todos los tramos, tal como lo están en terreno, es capaz de soportar la carga de los paneles solares.-

	GENERADOR FV REGIMIENTO ANTOFAGASTA	FECHA 27.01.2017
---	--	----------------------------

13. TÍTULOS Y PATENTES





GENERADOR FV
REGIMIENTO
ANTOFAGASTA

FECHA
27.01.2017

MUNICIPALIDAD DE PROVIDENCIA

FOLIO- 0507642

**FORMULARIO DE INGRESO
TESORERIA**

ROL N° 3-55405

Nombre : FIERRO PALMA JOHANN ALEXIS
Rut : 16281307-2
Domicilio : PEDRO DE VALDIVIA 555 OFICINA 301 ,PROVIDENCIA
Observaciones
PERIODO JULIO-DICIEMBRE DE 2016
PROXIMO PAGO HASTA EL 31/ENERO/2017
INGENIERO CIVIL

Fecha Emisión
01-jul-2016
Fecha Pago
04-jul-2016
Fecha venc.
31-jul-2016

**CONCEPTO
PROFESIONALES**

FOLIO N° : 3298393

Patentes Profesionales 35% BM 7.962
Patentes Municipales 65% FCM 14.787

SUBTOTAL 22.749

IPC 0
MULTA 0

TOTAL 22.749




M2 BNUP: M2 PUBLIC: 0 2 SEM.2016

EL CONTRIBUYENTE tiene las siguientes obligaciones en relación con las patentes:
1. Avisar cambio de dueño 3. Devolver a la Municipalidad la patente al término del negocio
2. Avisar Traslado de negocio 4. La patente vigente debe ser exhibida en lugar visible al público
5. Pagar en Enero del 2010 (2ª cuota)

FIRMA Y TIMBRE CAJERO
CONTRIBUYENTE

MAURICIO ABEL ARCOS VIVERO 04/07/2016 14:05

	GENERADOR FV REGIMIENTO ANTOFAGASTA	FECHA 27.01.2017
---	--	----------------------------

CONSIDERACIONES

Este Proyectista se reserva el derecho a cambiar especificaciones, dimensiones de elementos estructurales o no, ampliar antecedentes a quién corresponda, rechazar observaciones cuando la seguridad y economía de la obra lo requieran.



JOHANN FIERRO PALMA

INGENIERO CIVIL

(ROL 430834-4)