

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

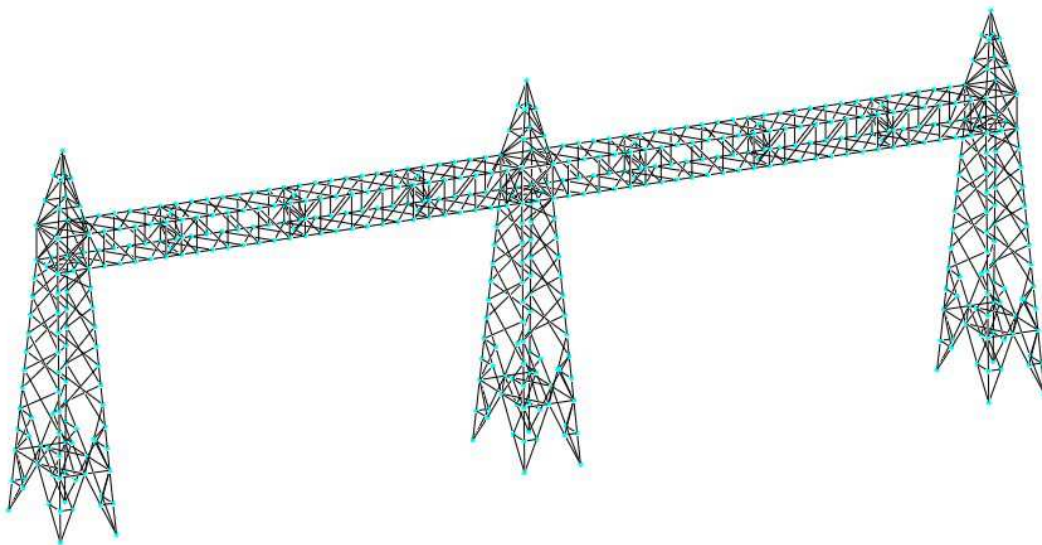
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales



## Práctica Supervisada

Carrera de Ingeniería civil

“Corrección en el diseño de los pórticos metálicos de la Estación Transformadora Paraná”



Autor: Mateo Allende Posse

Tutor interno: Narciso Novillo

Supervisor externo: Agustín Fragueiro

Año 2013



Agradecimientos:

- A mis padres que me dieron la oportunidad de estudiar, me acompañaron y me ayudaron a lo largo de la carrera.
- A mi grupo de estudio, y otros compañeros, con quienes cursé y estudié todas las materias, sin los cuales la carrera hubiera sido mucho más dura.
- A mi abuela que me dio ánimos y seguridad, especialmente en el último año.
- A toda la gente de la empresa Fragueiro & Novillo por todas las veces que me ayudaron.



## **Resumen**

El estudiante realiza la Práctica Profesional Supervisada en Fragueiro & Novillo S. A. A la Empresa la contrata Transener y ENERSA para diseñar y calcular distintas partes de la obra de la Estación Transformadora Paraná. Esta obra se encuentra en Entre Ríos, a 7 km de la ciudad de Paraná.

Entre otras cosas, la estación contará con gran cantidad de pórticos metálicos que deberán sostener los cables conductores. EL diseño y cálculo de estas estructuras ya se ha llevado a cabo, pero, posteriormente se han cambiado criterios de diseño.

La tarea del estudiante consistirá en realizar todas las correcciones al diseño y cálculo de los pórticos. Las cuales incluyen: correcciones: en los modelos de las estructuras, en las verificaciones, en las memorias de cálculo y en los planos.

En la realización de esta tarea, el estudiante, se incorpora a un grupo de trabajo de ingenieros que trabajan en el área, a los cuales realiza consultas a medida que avanza la actividad. Además, el estudiante colabora con otras tareas menores a lo largo de la práctica.

Los modelos y cálculos se realizan con la ayuda de herramientas informáticas como son: el programa de cálculo RAM y una planilla de cálculo de Excel.

**Palabras clave:** Estructura metálica; Estación transformadora, RAM



## ÍNDICE

CAPÍTULO 1: MARCO REFERENCIAL DEL TRABAJO.....	9
1.1. Localización y descripción de la Estación Transformadora Paraná.....	9
1.2. Objetivos y tareas de la práctica supervisada.....	13
CAPÍTULO 2: HERRAMIENTAS: PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	15
2.1. RAM.....	15
2.2. Planilla de cálculo en Excel.....	15
CAPÍTULO 3: PÓRTICOS METÁLICOS .....	20
3.1. Descripción.....	20
3.2. Material.....	23
3.3. Hipótesis de carga.....	23
3.4. Árbol de carga.....	31
3.5. Modificaciones que se deben hacer a los pórticos.....	33
3.6. Memorias.....	36
3.6.1. Determinación de acciones sobre las estructura.....	36
3.6.2. Modelo de la estructura.....	40
3.6.3. Verificación detallada de la estructura.....	41
3.6.4. Cálculo de deformación.....	48
3.6.5. Uniones y empalmes.....	49
3.6.6. Verificación de perfiles de viga para carga de montaje.....	49
3.6.7. Placa base y pernos de anclaje.....	50
3.7. Planos.....	53
3.8. Base.....	58
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	63

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Figura 1: Ubicación de la obra de la Estación Transformadora Paraná</i>	9
<i>Figura 2: Plano de la obra.</i>	10
<i>Figura 3: Verificación de los elementos</i>	15
<i>Figura 4: Página 1 de la planilla de Excel.</i>	16
<i>Figura 5: Página 2 de la planilla de Excel.</i>	17
<i>Figura 6: Página 3 y 4 de la planilla de Excel.</i>	18
<i>Figura 7: Playa 500</i>	20
<i>Figura 8: Pórtico de la playa 500.</i>	21
<i>Figura 9: Playa 132.</i>	21
<i>Figura 10: Pórtico 1P1 y 1P7</i>	22
<i>Figura 11: Pórtico 1P2</i>	22
<i>Figura 12: Pórtico 1P3</i>	22
<i>Figura 13: Pórticos 1P4, 1P5 Y 1P6.</i>	22
<i>Figura 14: Aumento del peso propio.</i>	24
<i>Figura 15: Ubicación de las cargas para el pórtico 1P5.</i>	33
<i>Figura 16: Ubicación de las cargas, antes.</i>	34
<i>Figura 17: Ubicación de las cargas después.</i>	34
<i>Figura 18: Antes y después de las diagonales interiores de las columnas en planta.</i>	34
<i>Figura 19: Antes y después, de uniformizar las secciones.</i>	35
<i>Figura 20: Corrección de la viga superior de los pórticos 1P1 y 1P7.</i>	36
<i>Figura 21: Modelo de la estructura 1</i>	40
<i>Figura 22: Modelo de la estructura 2.</i>	41
<i>Figura 23: Modelo de la estructura 3.</i>	41
<i>Figura 24: Grafico que muestra que elementos verifican a la solicitación.</i>	42
<i>Figura 25: Cargas de montaje.</i>	50
<i>Figura 26: Anclaje.</i>	52
<i>Figura 27: Esquema general de pórtico.</i>	54
<i>Figura 28: Vistas de columnas.</i>	55
<i>Figura 29: Vistas de vigas.</i>	56
<i>Figura 30: Anclaje del pórtico a la fundación.</i>	57
<i>Figura 31: Imagen 3D de la estructura modelada.</i>	58



## CAPÍTULO 1: MARCO REFERENCIAL DEL TRABAJO

### 1.1. Localización y descripción de la Estación Transformadora Paraná.

La obra de la Estación Transformadora Paraná se encuentra en la provincia de Entre Ríos, Argentina, 7 km al noreste de la ciudad de Paraná. En la Figura 1 se muestra la ubicación de la obra.

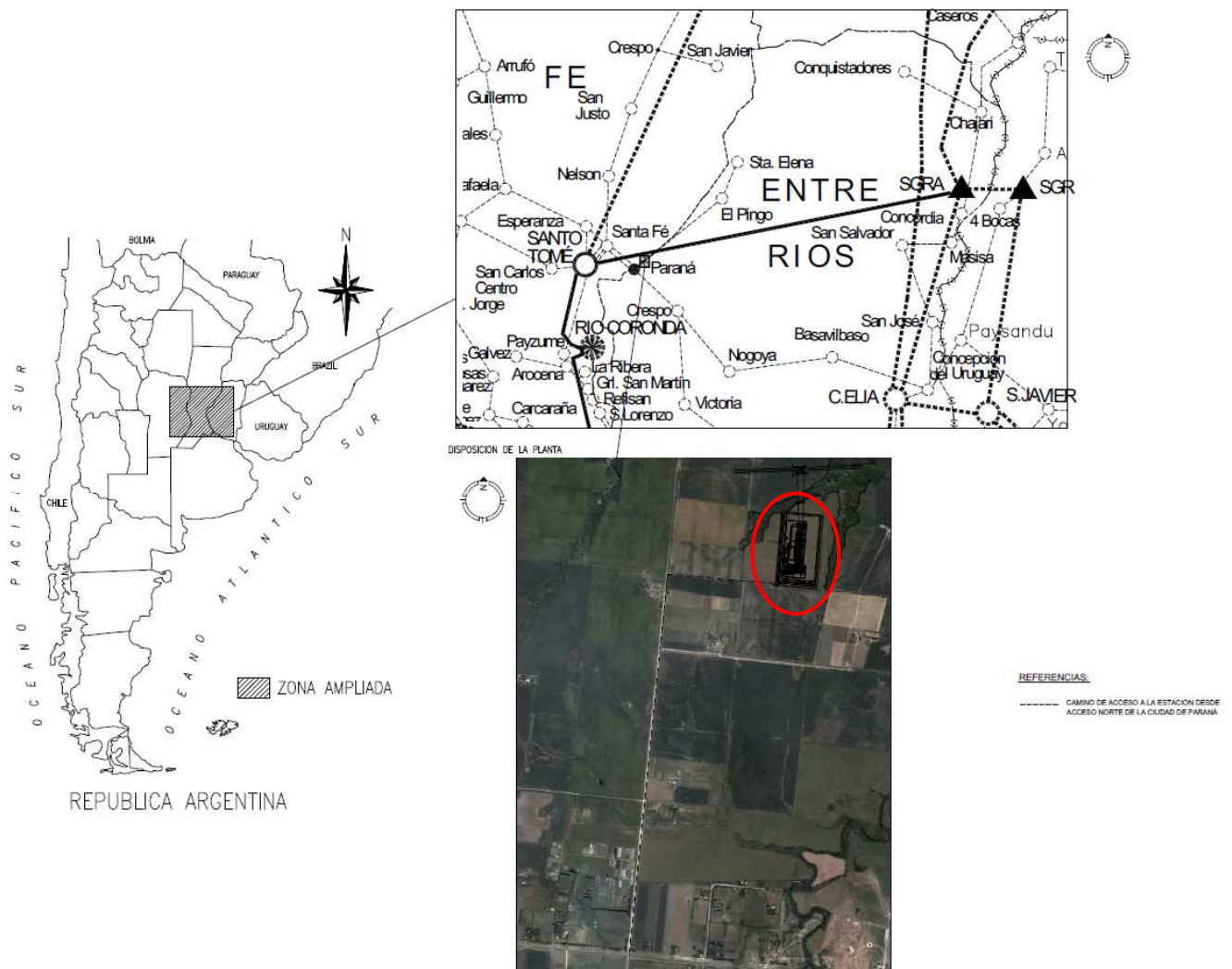


Figura 1: Ubicación de la obra de la Estación Transformadora Paraná

En la Figura 2 se muestra un plano de la estación transformadora

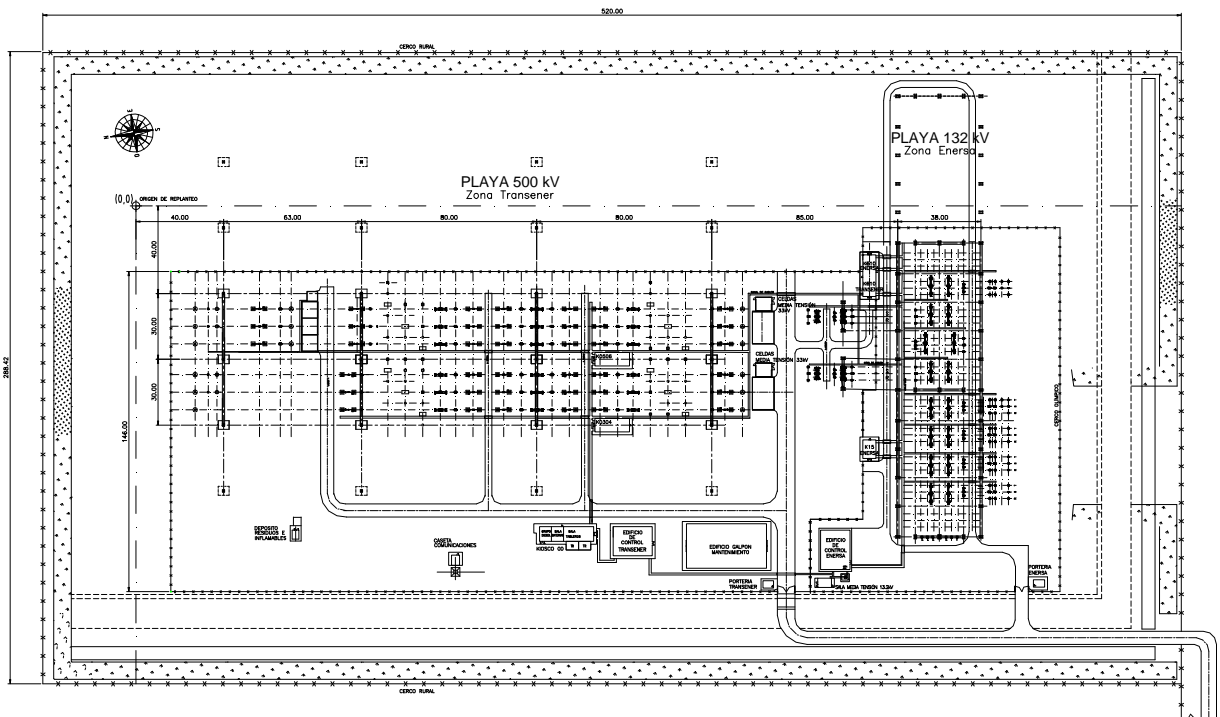


Figura 2: Plano de la obra.

La estación consiste en una playa de 500kV configurada con el esquema de “interruptor y medio”, con dos vanos completos, y en una playa de 132 kV configurada con esquema de doble barra con una de ellas de transferencia, con 8 campos equipados y dos campos futuros si equipar.

La playa 500 kV contará con dos salidas de líneas en esa tensión: una a ET Salto Grande y otra a ET Santo Tomé, las cuales se originarán en la apertura de línea en la estructura N° 636 y con dos salidas de transformadores.

Dos transformadores de potencia trifásicos de 500/138/34,5 kV de 300 MVA cada uno vincularán la playa de 500 kV con la de 132 kV con el objeto de alimentar al sistema de 132 kV de ENERSA.

La construcción de estas playas dependen de dos empresas diferentes: la playa 500 kV es supervisada por la empresa Transener (nacional), y la playa 132 kV es supervisada por la empresa ENERSA (provincial).

En el plano se puede apreciar las obras de arquitectura (edificios de control, casetas de comunicaciones, etc.), los caminos internos, la zanja de guardia que rodea el terreno colectando el agua de lluvia, reactores y transformadores, y los pórticos metálicos que llevan los cables conductores.

**La obra consta de distintas partes que se describen brevemente a continuación:**

- **Cerramiento.**

Los cercos a construir son de dos tipos. Primero el cerco olímpico de 2.4 m de altura con paños de alambre romboidal y remate superior inclinado a 45° con 3 alambres de púa (se aplica para delimitar el terreno y delimitar las ET de 500 y 132 kV). Segundo, el cerco rural con postes de hormigón y hilos de alambre galvanizado que es existente en tres de los lados que delimitan al predio, se debe prever completarlo totalmente.

- **Forestación.**

Se plantarán cortinas forestales de características tales que permitan cubrir lo más posible las nuevas instalaciones desde los principales puntos públicos de observación existentes. Esto se hace a fin de atenuar la afectación visual por contraste y por escala visual.

Las cortinas forestales estarán compuestas en triple hilera: una línea exterior formada por ejemplares que mantengan follaje desde baja altura y dos líneas interiores de árboles de gran porte. Se usarán varias especies para garantizar la protección sanitaria ante una plaga que pudiera atacar a una misma especie y acabar con toda una hilera. La vegetación de características tropicales debe ubicarse al norte, este y oeste, mientras que las plantas resistentes al frío y los vientos se deben colocarse al sur.

- **Movimiento de suelos.**

Este trabajo se planea en varias etapas. Primero se debe desmontar y destroncar toda vegetación existente. Luego se hace un desmonte de 20 cm de la capa de suelo vegetal (el mismo se debe separar para su posterior uso como recubrimiento superficial con césped). Después se realizan los terraplenes y excavaciones, respetando las cotas indicadas en los planos de proyecto.

Los cálculos de estos volúmenes (que permitirán saber si es necesario realizar préstamos o depósitos de material) se realizan con el programa CivilCad.

- **Caminos interiores.**

Comprenden los caminos de servicio que circunda las playas y conducen a los Edificios de Comando, transformadores de potencia y reactores, como así también a los caminos de mantenimiento dentro de las playas de maniobras.

El paquete estructural de estos caminos será de la siguiente manera:

Sobre la superficie subrasante compactada, se construirá una sub-base de suelo seleccionado de similares características al utilizado en terraplenes. Sobre ésta, una base cuyo material dependerá de la ubicación de las obras y de la disponibilidad de material de préstamo adecuado (material granular o suelo del lugar estabilizado con cemento o cal según las características plásticas del suelo disponible en la zona) y luego una losa estructural y de rodamiento de hormigón. Los espesores de las capas que componen el paquete estructural de los caminos se detallan en los planos del proyecto.

- **Conducciones para cables.**

Consisten en canales de hormigón armado de sección rectangular que llevan cables conductores. Los mismos deberán tener tapas canal, también de hormigón armado. Además deben tener una pendiente de fondo no menor a 0.2%, porque funcionan como colectores de agua de lluvia o aceite, en caso de falla de alguno de los equipos.

- **Desagües pluviales.**

Los desagües pluviales de las playas, se efectuarán mediante escurrimiento superficial, siguiendo las pendientes de las Playas hacia su perímetro, de forma que las aguas sean conducidas mediante zanjas de guardia hacia donde llegaban, de forma natural, previo a las obras. Los obstáculos que se interponen en este escurrimiento superficial son superados de la siguiente forma: canales de cables mediante puente canaleta de hormigón armado apoyados sobre las paredes del canal, o pavimentos mediante badenes.

Las bateas de reactores y transformadores desaguan las aguas pluviales en cisternas colectoras de hormigón armado enterradas, mediante caños de hormigón. La capacidad de estas cisternas está definida en los planos. Las aguas de lluvia que se acumulan en las cisternas, provenientes de las bateas de máquinas serán bombeadas por medio de bombeo de impulsión a la zanja de guardia, previo paso por una cámara de separación de Hidrocarburos.

- **Estructuras y Fundaciones de hormigón armado:**

Incluyen todos los edificios, como son: salas de tableros, salas de baterías, edificios de control, edificios de mantenimiento, etc.

También incluyen las fundaciones de: soportes de equipos, estructuras de pórticos, transformadores de potencia, reactores de línea, cisternas y edificios.

Se realizan con plateas y pozos romanos dependiendo del suelo y, especialmente, de las cargas que deberá soportar.

- **Estructuras metálicas y elementos metálicos diversos.**

Estas estructuras comprenden: pórticos metálicos que sostienen los cables conductores, soportes de equipos y estructuras metálicas de edificios.

Se construirán con perfiles de acero laminados en caliente unidos con uniones abulonadas.

- **Obras de arquitectura:**

Incluye obras de mampostería, aislaciones, revoques, contrapisos, pisos, cielorrasos, pinturas, carpintería, instalaciones sanitarias, instalación eléctrica, aire acondicionado y presurización.

## **1.2. Objetivos y tareas de la práctica supervisada.**

### **Los objetivos de este trabajo son:**

- Lograr una experiencia de trabajo en equipo en la cual pueda participar activamente en distintas tareas de un mismo proyecto, en conjunto con otros trabajadores.
- Aprender a manejar procesos de cálculo, y detallado de estructuras.
- Realizar correcciones al diseño de los pórticos metálicos de la estación transformadora Paraná, teniendo en cuenta algunas modificaciones que se requieren (cambios en las cargas y en la geometría).

### **En pos de estos objetivos, las tareas del alumno son:**

- Corregir los modelos de los pórticos, realizados con el programa de cálculo RAM, siguiendo ciertos lineamientos y asegurándose que verifiquen a las combinaciones de carga establecidas.
- Una vez verificados los modelos, se deben corregir las memorias de cálculo, que incluyen: una verificación detallada de la estructura, cálculo de deformación, cálculo de uniones y empalmes, verificaciones para cargas de montaje, verificación de placa base y pernos de anclaje.
- Finalmente, se deben corregir los planos.



## CAPÍTULO 2: HERRAMIENTAS: PROGRAMAS DE CÁLCULO

Para la práctica se utiliza el programa RAM y una planilla de cálculo en Excel.

### 2.1. RAM.

Este es un programa de cálculo muy intuitivo y fácil de utilizar. Se dibujan las barras de las estructuras, se le asigna a cada barra una sección y un material (en este caso son secciones ángulo y acero F24). Después se crean distintos estados de carga y se ubican las fuerzas en el modelo. Luego se generan las combinaciones de carga y se colocan los vínculos.

Con esto se le han introducido todos los datos necesarios al programa, sólo queda correrlo y asegurarse que verifique (si no lo hace se deben realizar nuevas modificaciones). Para esto el software trabaja con el reglamento AISC-360-2005.

Finalmente, para mostrar los resultados el programa es muy claro y gráfico, lo cual es muy útil al realizar la memoria de cálculo. Por ejemplo en las siguientes figuras se muestra, en la primera, que elementos verifican y en la segunda, el margen con el que verifica.

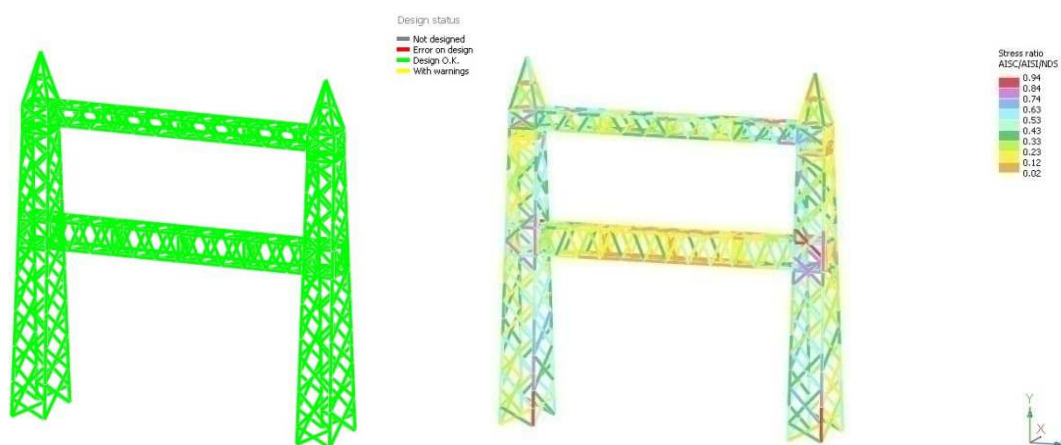


Figura 3: Verificación de los elementos

Además de estas representaciones gráficas de los resultados, se le puede pedir al programa informes detallados de los elementos, esfuerzos, solicitaciones, reacciones, deformaciones, etc.

### 2.2. Planilla de cálculo en Excel.

Para las uniones entre todos los elementos se utilizan uniones abulonadas, y para el cálculo de estas uniones se recurre a una planilla de cálculo hecha en Excel que verifica uniones según el reglamento CIRSOC 301.

A continuación se muestra unas imágenes de las planillas resultado del programa:

UNION ABULONADA					
DIAGONALES DE PATAS DE COLUMNAS PARALELAS A LA LÍNEA					
INGRESO DE DATOS					
ACERO	A 572 Grado 50 (2)  F24	Fy	355	MPa	
		Fu	450	MPa	
		Fy	270	MPa	
		Fu	335	MPa	
PERFIL EN L (A" x B")	lado A	[Pulg.]	3	76.2	7.620
	lado B	[mm.]	3	76.2	7.620
ESPESOR PERFIL	t <sub>A</sub>	[mm.]	1/4	6.35	0.635
	t <sub>B</sub>	[cm.]	1/4	6.35	0.635
CG PERFIL (SIMETRIA)	X				2.09
TIPO DE UNION					Abulonada
ANCHO DE PERFIL (SIMETRIA)	C		76.2		8
	Plano traccion		38.1		4
DISTANCIA BULON - BORDE PERFIL LIBRE	d		25		3
ESPESOR CHAPA	t <sub>chapa</sub>		1/4	6.35	0.635
TIPO DE BULON					Gr 5.6
LONGITUD DE ROSCA			Excluida del plano de corte		
TENSION NOMINAL DE ROTURA	Fv		270	MPa	
DIAMETRO DEL BULON	Φ <sub>bulon</sub>		16		1.6
DIAMETRO NOMINAL DEL ORIFICIO	Φ <sub>orificio</sub>		20		2
FILA DE BULONES	f				1
CANTIDAD DE BULONES	n				2
CANTIDAD DE SEPARACIONES	n-1				1
CANTIDAD BULONES DE CORTE	n-(0,5bulon)				1.5
NUMERO DE SECCIONES DE CORTE	m				1
SEPARACION ENTRE BULONES	S1 <sub>i</sub> (primer bulon)		25		2.5
	S2 <sub>i+1</sub>		50		5
	S3 <sub>i+2</sub>		0		0
	S4 <sub>n-1</sub>		0		0
	S5 <sub>n</sub> (ultimo bulon)		0		0
LONGITUD DE TRANSFERENCIA	L		50		5
DISTANCIA CG Y BORDE CARGADO	Le		75		7.5
DISTANCIA LIBRE BORDE ENTRE BULONES	Lc = Le - Φ <sub>orif.n</sub> - (0,5bul)				
ADY. O BORDE BULON - BORDE DEL			72		7.2
CARGA APLICADA	Pu	TRACCIÓN	65.5		kN.
	Pu	COMPRESIÓN	71.6		kN.

Figura 4: Página 1 de la planilla de Excel.



**CALCULOS. SECCION BRUTA. SECCION NETA**

**AREAS**

AREA BRUTA (Dato de Tabla)	$A_g =$	9.43 cm <sup>2</sup>	
AREA NETA	$A_n = A_g - (\phi_{orificio} \cdot t_p) \cdot n =$	8.16 cm <sup>2</sup>	
AREA EFECTIVA	$A_e = U \cdot A_n =$	4.75 cm <sup>2</sup>	
COEFICIENTE DE REDUCCION	$U = (1 - \frac{\bar{X}}{L}) =$	0.5820	

\* Si existe una sola fila de bulones, el Ae es igual al área neta de la parte unida.

**RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION AXIL DEL PERFIL**

(1) POR FLUENCIA EN SECCION BRUTA DEL PERFIL	$\left\{ \begin{aligned} R_{d1} &= \phi_t \cdot F_y \cdot A_g = & 301.29 \text{ kN} \\ \phi_t &= 0,90 \end{aligned} \right.$
(2) POR ROTURA EN SECCION NETA	

RESISTENCIA DE DISEÑO ES LA MENOR ENTRE (1) Y (2); MANDA (2) POR ROTURA EN SECCION NETA **160.28 kN.-**

**VERIFICACION POR CAPACIDAD**

<b>(2) POR ROTURA EN SECCION NETA</b>	$R_d \geq P_u$	<b>Verifica</b>
---------------------------------------	----------------	-----------------

**BLOQUE DE CORTE**

**RESISTENCIA DE DISEÑO PARA ROTURA DE BLOQUE DE CORTE**

ESTADO LIMITE POR ROTURA DEL BLOQUE DE CORTE EN

(3) AREA NETA SOMETIDA A CORTE	$A_{nv} = \sum_n L_c \cdot t = \left( \sum_n S - \phi_{orif} \right) t_{perfil} =$	2.86 cm <sup>2</sup>
(4) AREA NETA SOMETIDA A TRACCION	$A_{nt} = \left( d_{b-p} - \frac{\phi_{orif}}{2} \right) t_{perfil} =$	0.95 cm <sup>2</sup>
(3') AREA BRUTA SOMETIDA A CORTE	$A_{gv} = \sum_n S t_{perfil} =$	4.76 cm <sup>2</sup>
(4') AREA BRUTA SOMETIDA A TRACCION	$A_{gt} = d_{b-p} \cdot t_{perfil} =$	1.59 cm <sup>2</sup>

MAYOR RESISTENCIA A ROTURA DE CADA PLANO, A TRACCION O CORTE, DETERMINA FORMA DE FALLA:

Si  $F_u \cdot A_{nt} \geq 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \Rightarrow \phi \cdot R_n = \phi \cdot (F_u \cdot A_{nt} + 0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv}) \rightarrow$  ROTURA POR TRACCION Y FLUENCIA A CORTE

Si  $0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} > F_u \cdot A_{nt} \Rightarrow \phi \cdot R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt}) \rightarrow$  ROTURA POR CORTE Y FLUENCIA A TRACCION

ENTONCES:

$F_u \cdot A_{nt} =$	42.86	kN
$0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} =$	77.15	kN

LA RESISTENCIA DISEÑO BLOQUE DE CORTE ES DETERMINADA POR LA CON RESISTENCIA NOMINAL DE **77.15 kN**

RESISTENCIA DE DISEÑO DE  $\phi \cdot R_n =$  **100.13 kN**

ROTURA POR CORTE Y FLUENCIA A TRACCION

RESISTENCIA DE DISEÑO DE BARRA ES LA MENOR, HASTA AQUÍ MANDA ROTURA POR CORTE Y FLUENCIA A TRACCION CON **100.13 kN.-**

**VERIFICACION POR CAPACIDAD POR**

	$R_d \geq P_u$	<b>Verifica</b>
--	----------------	-----------------

Figura 5: Página 2 de la planilla de Excel.

<u>VERIFICACION DE MEDIOS DE UNION</u>			
TIPO DE UNION	Abulonada		
TIPO DE BULON	Gr 5.6		
CANTIDAD DE BULONES	2		
DIAMETRO DEL BULON	1.6		
NUMERO DE SECCIONES DE CORTE	1		
LONGITUD DE ROSCA	Excluida del plano de corte		
<b>RESISTENCIA A DISEÑO POR</b>			
A - APLASTAMIENTO CHAPA	$Rd_1 = \phi \cdot 1,2 \cdot Lc \cdot t_{menor} \cdot Fu =$	137.85 kN.	
B - APLASTAMIENTO BULON	$Rd_2 = \phi \cdot 2,4 \cdot d \cdot t_{menor} \cdot Fu =$	61.26 kN.	n=1 Bulon
		122.53 kN.	2
C - CORTE DE LOS BULONES	$Ab = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} =$	2.01 cm <sup>2</sup>	Bulones
	$Rd = 0,75 \cdot m \cdot Fv \cdot Ab \cdot n =$	40.69 kN.	n=1 Bulon
		81.39 kN.	2
			Bulones
AQUÍ MANDA EL DISEÑO	CORTE DE LOS BULONES	<b>81.39 kN.-</b>	
<b>VERIFICACION POR CAPACIDAD</b>			
<b>CORTE DE LOS BULONES</b>	$Rd > Pu$		<b>Verifica</b>
<u>CONCLUSION</u>			
EL EN DISEÑO AL OPTAR POR UN PERFIL "L" DE DIMENSIONES <b>3</b> x <b>1/4</b>			
REALIZANDO LA CORRESPONDIENTES VERIFICACIONES DE LA UNION ABULONADA A CHAPA NODAL, EN CADA UNO DE SUS ELEMENTOS CONSITUENTES, SOLICITADA A UNA CARGA AXIL Pu DE <b>65.5</b> Kn (TRACCIÓN). SERAN: <b>71.6</b> Kn (COMPRESIÓN).			
<b>1 -</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION AXIL DEL PERFIL</b>	<b>160.28</b> kN.	<b>Verifica</b>
<b>2 -</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO PARA ROTURA DE BLOQUE DE CORTE</b>	<b>100.1</b> kN.	<b>Verifica</b>
<b>4 -</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO EN MEDIO DE UNION POR CORTE DE LOS BULONES</b>	<b>81.39</b> kN.	<b>Verifica</b>
EN CONSECUENCIA LA RESISTENCIA QUE MANDA EN EL DISEÑO SERA LA MENOR DE LA OBTENIDA PARA LA VERIFICACION EN ANALISIS:			
	<b>CORTE DE LOS BULONES</b>	<b>81.39</b> kN.	

Figura 6: Página 3 y 4 de la planilla de Excel.

Los datos que se deben ingresar para calcular la unión abulonada son:

- Tensión de fluencia del acero.
- Tensión de rotura del acero.
- Dimensiones del perfil de la unión.
- Ubicación de del Centro Gravedad.
- Distancia del bulón al borde de perfil libre.

- Diámetro del bulón.
- Número de filas de bulones.
- Número de bulones por fila.
- Número de secciones de corte.
- Separación entre bulones.
- Carga máxima de tracción y compresión en la unión.
- Área bruta de la sección.

Este programa realiza tres grandes verificaciones (según el reglamento CIRSOC 301) para asegurar la resistencia de la unión abulonada:

- Resistencia de diseño a tracción axial del perfil:  
Se calcula la fluencia en sección bruta y la rotura en sección neta del perfil. Y toma la menor de las dos para realizar la verificación.
- Resistencia de diseño para rotura por bloque de corte:  
Se tiene en cuenta los estados límites rotura del bloque de corte en: área neta sometida a corte, área neta sometida a tracción, área bruta sometida a corte y área bruta sometida a tracción.
- Finalmente se calcula la resistencia del medio de unión:  
Se calcula la resistencia de diseño por aplastamiento de la chapa, resistencia de diseño por aplastamiento del bulón y resistencia por corte del bulón.

Teniendo estos tres valores de resistencia se toma el menor y se comprueba que sea mayor que la solicitación. En caso que no se compruebe, se itera cambiando los parámetros de diseño.

### CAPÍTULO 3: PÓRTICOS METÁLICOS

#### 3.1. Descripción.

Como se dijo anteriormente, la estación transformadora está dividida en dos playas: la playa 500 y la 132. Cada una tiene una disposición distinta de pórticos metálicos formados por la unión de perfiles L, los cuales sostienen los cables conductores que parten y llegan la estación.

En la playa 500 se encuentran distribuidos cuatro pórticos metálicos, ordenados como indican las siguientes figuras.

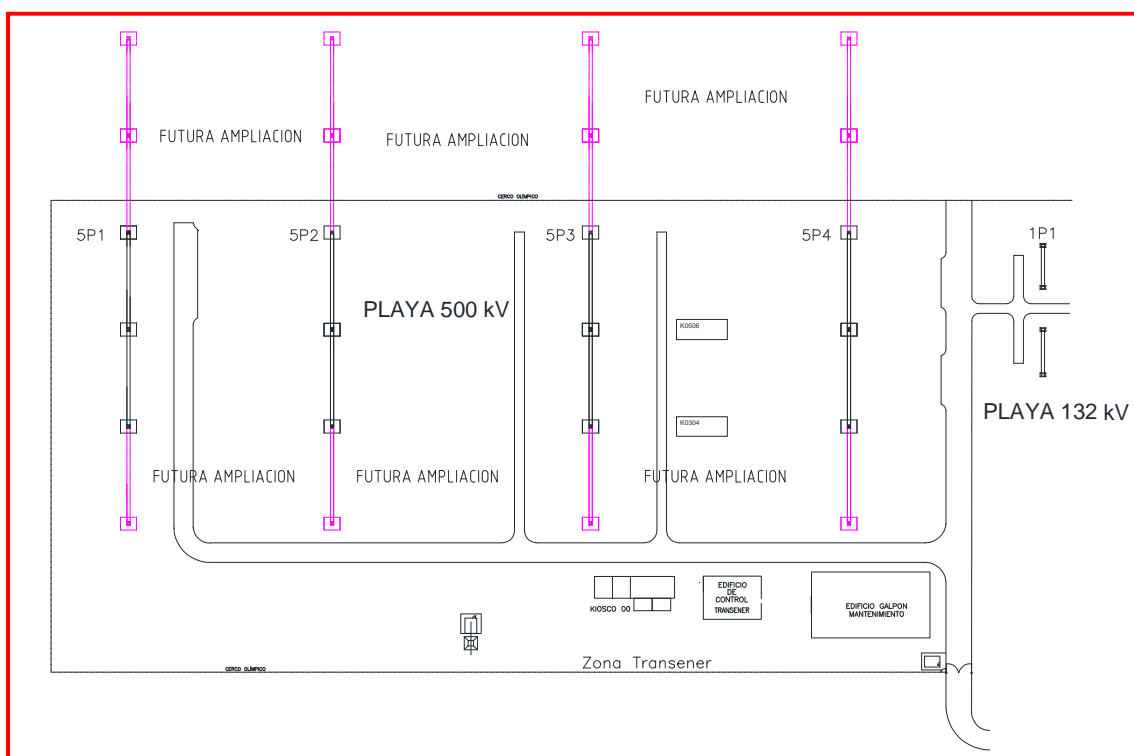


Figura 7: Playa 500

Estas estructuras constan, cada una de tres columnas unidas por una viga. Las cuatro son iguales en geometría y dimensiones.

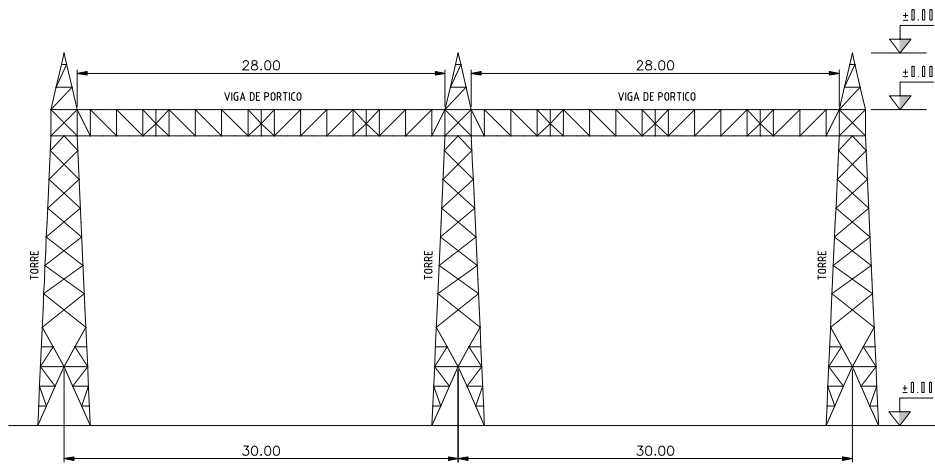


Figura 8: Pórtico de la playa 500.

En la playa 132 encontramos mayor diversidad entre los pórticos. Hay cuatro tipos, ver Figura 9

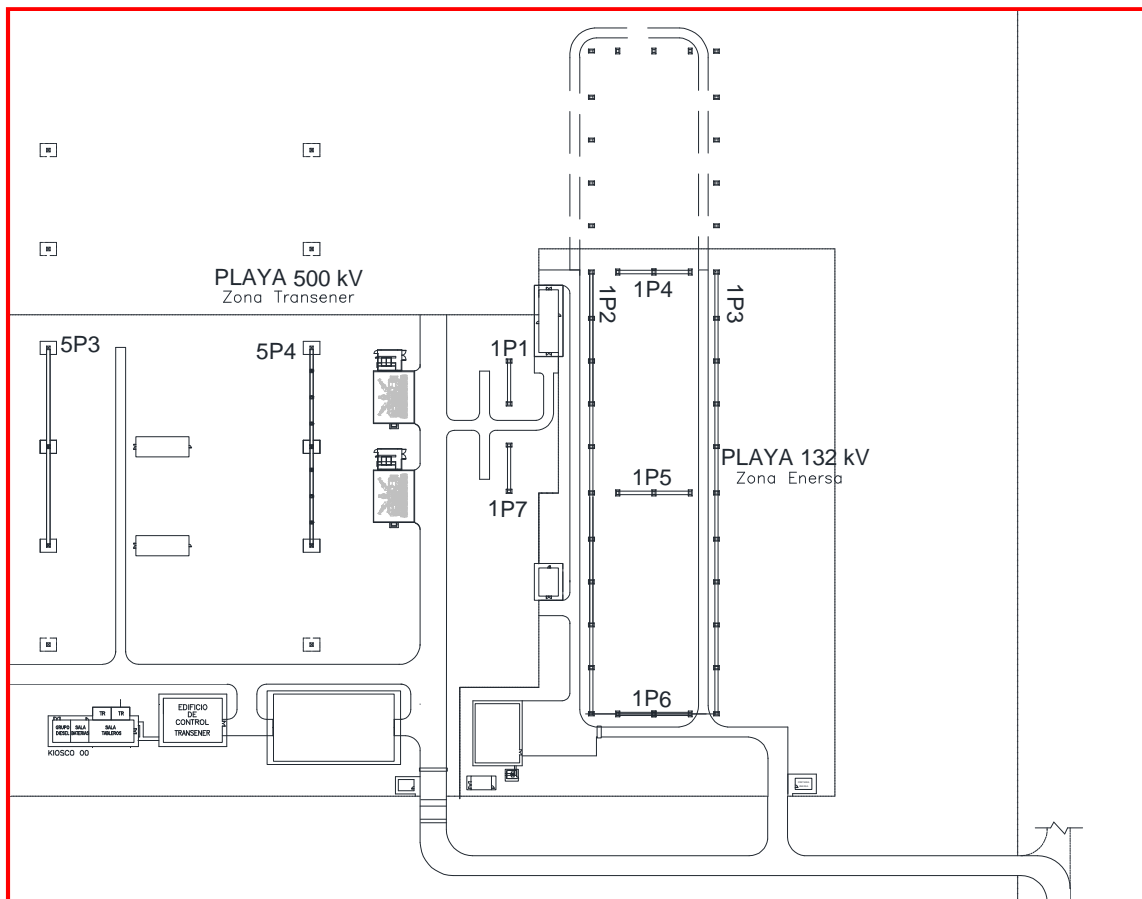


Figura 9: Playa 132.

El pórtico 1P1 y 1P7, que son iguales constan de dos columnas conectadas por dos vigas. El pórtico 1P2 y el 1P3 constan de 11 columnas conectadas por una o dos vigas. Y los pórticos 1P4, 1P5 y 1P6 que consta de tres columnas (que no están terminadas en punta como las anteriores) conectadas por una viga.

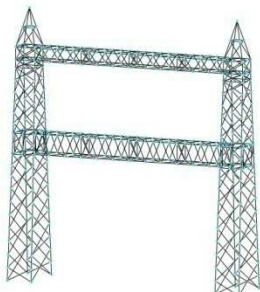


Figura 10: Pórtico 1P1 y 1P7

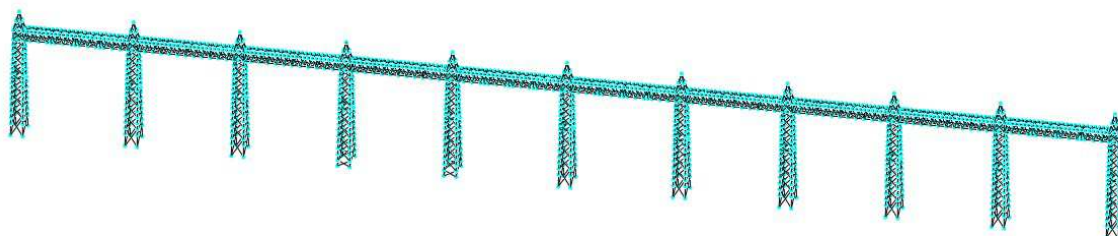


Figura 11: Pórtico 1P2

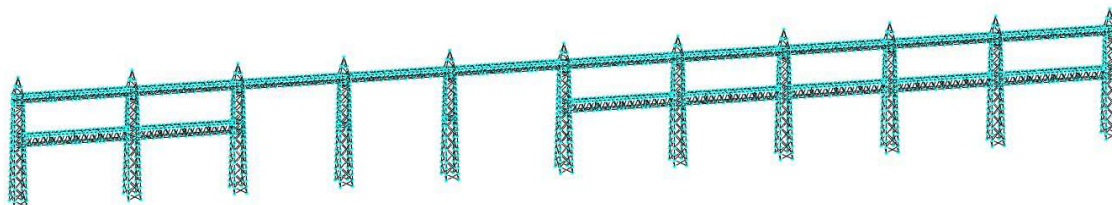


Figura 12: Pórtico 1P3

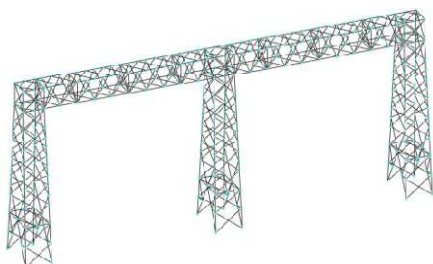


Figura 13: Pórticos 1P4, 1P5 Y 1P6.

### 3.2. Material.

Los materiales que se utilizan cumplen las siguientes características:

Para perfiles angulares mayores o iguales a 3”:

Acero Calidad ASTM A572 Gr. 50 (*equivalente a Acero Calidad F-36*)

- $F_y = 3.52 \text{ tn/cm}^2$
- $F_u = 4.57 \text{ tn/cm}^2$

Para perfiles angulares menores a 3”:

Acero Calidad F24

- $F_y = 2.4 \text{ tn/cm}^2$
- $F_u = 3.5 \text{ tn/cm}^2$

Bulones Grado 5.6 IRAM 5214 (DIN 267) o ISO 898/99 Calidad 5.6 Con la siguientes propiedades mecánicas

- $F_y = 3.0 \text{ tn/cm}^2$
- $F_u = 5.0 \text{ tn/cm}^2$
- 

### 3.3. Hipótesis de carga.

A continuación se describe las hipótesis de carga que se tienen en cuenta para modelar la estructura en el programa RAM.

Cabe destacar que se aumentará el Peso Propio del Pórtico en un 15% a fin de considerar la influencia en el peso de los Bulones, Cartelas, Pasarelas, Escaleras etc.

En el modelo se multiplica el peso propio por 1.15:

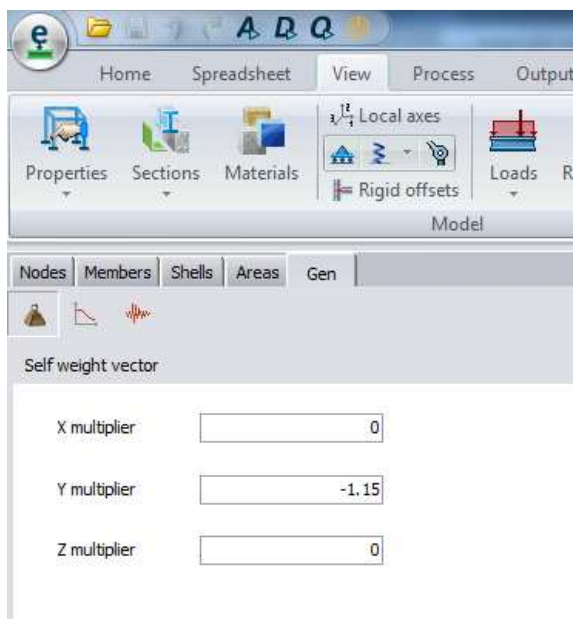


Figura 14: Aumento del peso propio.

Dado que en enero del presente año entra en vigencia el nuevo reglamento CIRSOC con diseño bajo estados límites se generarán combinaciones de carga de manera que se respeten los coeficientes de seguridad que requiere el pliego. Es de destacar que en el caso de estados límites de carga no hay un solo coeficiente de seguridad sino que se trabaja con un coeficiente de mayoración de cargas y uno de minoración de la resistencia de los materiales.

En el caso de los coeficientes de minoración se utilizan los siguientes:

Elementos que fallan por tracción  $F = 0.9$

Elementos que fallan por compresión  $F = 0.85$

Para el caso de los coeficiente de mayoración y tal como el nuevo reglamento lo requiere se pesa la probabilidad de ocurrencia de superposición de estados básicos de carga.

Las hipótesis de cálculo a utilizar en el proyecto de los pórticos son:

I) Temperatura mínima ( $-15^{\circ}\text{C}$ )  
 Viento  $V = 0 \text{ km/h}$  Temperatura =  $-15^{\circ}\text{C}$

- Peso de la estructura

Coeficiente de mayoración  
 $\gamma = 1.2$



- Peso de todos los conductores  $\gamma = 1.5$
- Peso de los hilos de guardia  $\gamma = 1.5$
- Tiros de todos los conductores  $\gamma = 1.5$
- Tiros de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.5$

## II) Viento máximo sostenido ( $V = 140 \text{ km/h}$ )

Con viento transversal sostenido

Viento  $V = 140 \text{ km/h}$  Temperatura =  $10^\circ \text{C}$

- Peso de la estructura  $\gamma = 1.2$
- Peso de todos los conductores  $\gamma = 1.5$
- Peso de los hilos de guardia  $\gamma = 1.5$
- Viento transversal sostenido sobre todos los conductores  $\gamma = 1.5$
- Viento transversal sostenido sobre todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.5$
- Acción del viento transversal sostenido sobre la estructura  $\gamma = 1.5$

Con viento longitudinal sostenido

Viento  $V = 140 \text{ km/h}$  Temperatura =  $10^\circ \text{C}$

- Peso de la estructura  $\gamma = 1.2$
- Peso de todos los conductores  $\gamma = 1.5$
- Peso de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.5$
- Tiros de todos los conductores  $\gamma = 1.5$
- Tiros de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.5$
- Acción del viento longitudinal sostenido sobre la estructura  $\gamma = 1.5$

## III) Operación

Con viento transversal excepcional

Viento  $V = 180 \text{ km/h}$  Temperatura =  $10^\circ \text{C}$

Para viento excepcional ( $180 \text{ km/h}$ ) se adoptan dos coeficientes de mayoración:

Caso 1 cuando se considera el tiro de ambos lados

- Peso de la estructura  $\gamma = 1.2$
- Peso de todos los conductores  $\gamma = 1.3$
- Peso de los hilos de guardia  $\gamma = 1.3$
- Viento excepcional transversal sobre todos los conductores  $\gamma = 1.3$
- Viento excepcional transversal sobre todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.3$
- Acción del viento transversal excepcional sobre la estructura  $\gamma = 1.3$

Caso 2 cuando se considera el tiro de unilateral del 100% de los cables (suponiendo que se corten todos los cables de un lado)

- Peso de la estructura  $\gamma = 1.2$

- Peso de todos los conductores  $\gamma = 1.1$
- Peso de los hilos de guardia  $\gamma = 1.1$
- Viento excepcional transversal sobre todos los conductores  $\gamma = 1.1$
- Viento excepcional transversal sobre todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.1$
- Acción del viento transversal excepcional sobre la estructura  $\gamma = 1.3$

Con viento longitudinal excepcional

Viento  $V = 180 \text{ km/h}$  Temperatura =  $10^\circ\text{C}$

Caso 1 cuando se considera el tiro de ambos lados

- Peso de la estructura  $\gamma = 1.2$
- Peso de todos los conductores  $\gamma = 1.3$
- Peso de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.3$
- Tiros de todos los conductores  $\gamma = 1.3$
- Tiros de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.3$
- Acción del viento longitudinal excepcional sobre la estructura  $\gamma = 1.3$

Caso 2 cuando se considera el tiro de unilateral del 100% de los cables (suponiendo que se corten todos los cables de un lado)

- Peso de la estructura  $\gamma = 1.2$
- Peso de todos los conductores  $\gamma = 1.1$
- Peso de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.1$
- Tiros de todos los conductores  $\gamma = 1.1$
- Tiros de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.1$
- Acción del viento longitudinal excepcional sobre la estructura  $\gamma = 1.3$

IV) Construcción y mantenimiento

Viento  $V = 0 \text{ km/h}$  Temperatura =  $16^\circ\text{C}$

Caso 1

- Peso de la estructura  $\gamma = 1.2$
- Tiros de todos los conductores  $\gamma = 2.6$
- Tiros de todos los hilos de guardia  $\gamma = 2.6$
- 2 veces el peso de todos los conductores  $\gamma = 2.6$
- 2 veces el peso de todos los hilos de guardia  $\gamma = 2.6$
- Carga adicional de 300 kg en el centro de la viga  $\gamma = 2.6$

El coef. 2.6 resulta de un coef. de 1.3 considerando la presencia de dos cables como pide el pliego  $2.6 = 1.3 \times 2$

Caso 2

- Peso de la estructura  $\gamma = 1.2$
- 1,5 veces el peso de todos los conductores  $\gamma = 1.95$
- 1,5 veces el peso de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.95$
- 1,5 veces el tiro de todos los conductores  $\gamma = 1.95$

- 1,5 veces el tiro de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.95$
- Carga adicional de 300 kg en el centro de la viga  $\gamma = 1.95$

El coef. 1.95 resulta de un coef. de 1.3 considerando 1.5 veces el peso de los conductores como pide el pliego  $1.95 = 1.3 \times 1.5$

#### V) Cortocircuito

Viento  $V = 0$  km/h                      Temperatura =  $16^{\circ}\text{C}$

- Peso de la estructura  $\gamma = 1.2$
- Peso de todos los conductores  $\gamma = 1.3$
- Peso de todos los hilos de guardia  $\gamma = 1.3$
- Fuerza de cortocircuito  $\gamma = 1.3$

Estas hipótesis son incluidas en el modelo mediante los siguientes estados básicos y combinaciones:

#### Estados de carga:

**DL1i**      Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por temperatura a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Viento= $0$  km/h. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado izquierdo.

**DL2i**      Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por temperatura a  $+16^{\circ}\text{C}$ . Viento= $0$  km/h. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado izquierdo.

**DL3i**      Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por temperatura a  $+45^{\circ}\text{C}$ . Viento= $0$  km/h. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado izquierdo.

**W1i**      Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por viento máximo sostenido de  $140$  km/h y temperatura a  $+10^{\circ}\text{C}$ . Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado izquierdo.

**W2i** Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por viento excepcional de 180 km/h y temperatura a +10°C. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado izquierdo.

**CCi** Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por cortocircuito (según IEC 865) y temperatura a +16°C. Viento=0 km/h. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado izquierdo.

**W3** Viento excepcional de 180 km/h perpendicular a la línea, sobre la estructura metálica.

**W4** Viento excepcional de 180 km/h paralelo a la línea, sobre la estructura metálica.

**W5** Viento excepcional de 140 km/h perpendicular a la línea, sobre la estructura metálica.

**W6** Viento excepcional de 140 km/h paralelo a la línea, sobre la estructura metálica.

**DL1d** Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por temperatura a -15°C. Viento=0 km/h

Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado derecho.

**DL2d** Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por temperatura a +16°C. Viento=0 km/h. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado derecho.

**DL3d** Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por temperatura a +45°C. Viento=0 km/h. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado derecho.

**W1d** Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por viento máximo sostenido de 140 km/h y temperatura a +10°C. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado derecho.

**W2d** Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por viento excepcional de 180 km/h y temperatura a +10°C. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado derecho.

**CCd** Peso de los conductores - con sus derivaciones si las tienen y cadenas de aisladores - y peso de los hilos de guardia, más los respectivos tiros por cortocircuito (según IEC 865) y temperatura a +16°C. Viento=0 km/h. Cargas aplicadas de un solo lado de la estructura, denominado lado derecho.

**DL** Peso propio de la estructura tenido en cuenta por el programa

**DL4** Carga adicional de 300daN en el centro de la viga

### Combinaciones de carga

D1	1.5DL1i+1.5DL1d+1.2DL
D2	1.5DL2i+1.5DL2d+1.2DL
D3	1.5DL3i+1.5DL3d+1.2DL
D4	1.5DL1i+1.2DL
D5	1.5DL2i+1.2DL
D6	1.5DL3i+1.2DL
D7	1.5DL1d+1.2DL
D8	1.5DL2d+1.2DL
D9	1.5DL3d+1.2DL
D10	1.5W1i+1.5W5+1.5W1d+1.2DL
D11	1.5W1i-1.5W5+1.5W1d+1.2DL
D12	1.3W2i+1.3W3+1.3W2d+1.2DL
D13	1.3W2i-1.3W3+1.3W2d+1.2DL

D14	1.5W1i+1.5W5+1.2DL
D15	1.5W1i-1.5W5+1.2DL
D16	1.1W2i+1.3W3+1.2DL
D17	1.1W2i-1.3W3+1.2DL
D18	1.5W5+1.5W1d+1.2DL
D19	-1.5W5+1.5W1d+1.2DL
D20	1.3W3+1.1W2d+1.2DL
D21	-1.3W3+1.1W2d+1.2DL
D22	1.3DL2i+1.3W4+1.3DL2d+1.2DL
D23	1.3DL2i-1.3W4+1.3DL2d+1.2DL
D24	1.5DL2i+1.5W6+1.5DL2d+1.2DL
D25	1.5DL2i-1.5W6+1.5DL2d+1.2DL
D26	1.1DL2i+1.3W4+1.2DL
D27	1.1DL2i-1.3W4+1.2DL
D28	1.5DL2i+1.5W6+1.2DL
D29	1.5DL2i-1.5W6+1.2DL
D30	1.3W4+1.1DL2d+1.2DL
D31	-1.3W4+1.1DL2d+1.2DL
D32	1.5W6+1.5DL2d+1.2DL
D33	-1.5W6+1.5DL2d+1.2DL
D34	1.3CCi+1.3CCd+1.2DL
D35	1.3CCi+1.2DL
D36	1.3CCd+1.2DL
D37	2.6DL2i+2.6DL2d+1.2DL+2.6DL4
D38	2.6DL2i+1.2DL+2.6DL4
D39	2.6DL2d+1.2DL+2.6DL4
D40	1.95DL2i+1.95DL2d+1.2DL+1.95DL4
D41	1.95DL2i+1.2DL+1.95DL4
D42	1.95DL2d+1.2DL+1.95DL4
D46	1.5DL1i+1.5DL1d+0.9DL
D47	1.5DL2i+1.5DL2d+0.9DL
D48	1.5DL3i+1.5DL3d+0.9DL
D49	1.5DL1i+0.9DL
D50	1.5DL2i+0.9DL
D51	1.5DL3i+0.9DL
D52	1.5DL1d+0.9DL
D53	1.5DL2d+0.9DL
D54	1.5DL3d+0.9DL
D55	1.5W1i+1.5W5+1.5W1d+0.9DL
D56	1.5W1i-1.5W5+1.5W1d+0.9DL
D57	1.3W2i+1.3W3+1.3W2d+0.9DL
D58	1.3W2i-1.3W3+1.3W2d+0.9DL
D59	1.5W1i+1.5W5+0.9DL
D60	1.5W1i-1.5W5+0.9DLYes
D61	1.1W2i+1.3W3+0.9DL
D62	1.1W2i-1.3W3+0.9DLYes
D63	1.5W5+1.5W1d+0.9DL
D64	-1.5W5+1.5W1d+0.9DL
D65	1.3W3+1.1W2d+0.9DL
D66	-1.3W3+1.1W2d+0.9DL
D67	1.3DL2i+1.3W4+1.3DL2d+0.9DL
D68	1.3DL2i-1.3W4+1.3DL2d+0.9DL
D69	1.5DL2i+1.5W6+1.5DL2d+0.9DL

D70	1.5DL2i-1.5W6+1.5DL2d+0.9DL
D71	1.1DL2i+1.3W4+0.9DL
D72	1.1DL2i-1.3W4+0.9DL
D73	1.5DL2i+1.5W6+0.9DL
D74	1.5DL2i-1.5W6+0.9DL
D75	1.3W4+1.1DL2d+0.9DL
D76	-1.3W4+1.1DL2d+0.9DL
D77	1.5W6+1.5DL2d+0.9DL
D78	-1.5W6+1.5DL2d+0.9DL
D79	1.3CCi+1.3CCd+0.9DL
D80	1.3CCi+0.9DL Yes
D81	1.3CCd+0.9DL

### 3.4. Árbol de carga.

La siguiente tabla muestra las solicitaciones a las que están sometidas estas estructuras.

ESFUERZOS [daN]			ESTADOS CLIMÁTICOS					
			0 Km/h	140 Km/h	180 Km/h	0 Km/h	0 Km/h	0 Km/h
Viento			0 Km/h	140 Km/h	180 Km/h	0 Km/h	0 Km/h	0 Km/h
CTO. CTO.							21,9 kA	
Manguito de Hielo mm kg/dm <sup>3</sup>			---	---	---	---	---	---
Temperatura			-15	10	10	16	16	45
TRAMO	CABLE	FUERZA	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Vano 60 Mts, 1P1-5P4 reacciones 1.1	Conductor	T 1.1	1658	2285	3176	1470	1922	1237
		Fv 1.1	0	307	507	0	486	0
		P 1.1	75	-38	-198	108	-324	150
	Cable de Guardia	t 1.1	151	405	622	139	139	131
		fv 1.1	0	46	76	0	0	0
		p 1.1	-15	-68	-114	-13	-13	-11
Vano 63 Mts, 1P1-1P2 reacciones 2.1	Conductor	T 2.1	1511	1554	1842	1326	1542	1103
		Fv 2.1	0	154	254	0	175	0
		P 2.1	290	290	290	290	175	0
	Cable de Guardia	t 2.1	58	147	230	54	54	51
		fv 2.1	0	17	28	0	0	0
		p 2.1	7	7	7	7	7	7
Vano 63 Mts, 1P1-1P2 reacciones 2.2	Conductor	T 2.2	1511	1554	1842	1326	1542	1103
		Fv 2.2	0	121	200	179	179	0
		P 2.2	0	121	179	179	179	290
	Cable de Guardia	t 2.2	58	147	230	54	54	51
		fv 2.2	0	17	28	0	0	0

		p 2.2	7	7	7	7	7	7
Vano 38 Mts, 1P2-1P3 reacciones 3.1	Conductor (CPO. TRAFO)	T 3.1-1	713	981	1366	645	851	556
		Fv 3.1-1	0	167	277	0	293	0
		P 3.1-1	166	166	166	166	166	166
	Conductor (CPO. LÍNEA)	T 3.1-2	296	476	692	274	2147	243
		Fv 3.1-2	0	93	154	0	298	0
		P 3.1-2	76	76	76	76	76	76
	Conductor (CPO. ACOPLE)	T 3.1-3	1484	1971	2704	1342	3158	1156
		Fv 3.1-3	0	258	427	0	293	0
		P 3.1-3	289	289	289	289	289	289
	Cable de Guardia	t 3.1	92	229	355	85	85	80
		fv 3.1	0	26	43	0	0	0
		p 3.1	10	10	10	10	10	10
Vano 38 Mts, 1P2-1P3 reacciones 3.2	Conductor (CPO. TRAFO)	T 3.2-1	713	981	1366	645	851	556
		Fv 3.2-1	0	138	229	0	293	0
		P 3.2-1	115	115	115	115	115	115
	Conductor (CPO. LÍNEA)	T 3.2-2	296	476	692	274	2147	243
		Fv 3.2-2	0	104	172	0	298	0
		P 3.2-2	90	90	90	90	90	90
	Conductor (CPO. ACOPLE)	T 3.2-3	1484	1971	2704	1342	3158	1156
		Fv 3.2-3	0	260	430	0	293	0
		P 3.2-3	291	291	291	291	291	291
	Cable de Guardia	t 3.2	713	229	355	85	85	80
		fv 3.2	0	26	43	0	0	0
		p 3.2	10	10	10	10	10	10
Vano 67 Mts, 1P5-1P6 reacciones 4.1	Conductor	T 4.1	3380	4143	5473	3023	5599	2569
		Fv 4.1	0	426	704	0	554	0
		P 4.1	509	509	509	509	509	509
Vano 67 Mts, 1P5-1P6 reacciones 4.2	Conductor	T 4.2	3380	4143	5473	3023	5599	2569
		Fv 4.2	0	480	793	0	554	0
		P 4.2	604	604	604	604	604	604
Vano 60 Mts, 1P3-TTL reacciones 5.1	Conductor	T 5.1	583	838	1165	557	827	515
		Fv 5.1	0	202	257	0	575	0
		P 5.1	301	301	301	301	301	301
	Cable de Guardia	t 5.1	216	512	773	197	197	184
		fv 5.1	0	54	90	0	0	0
		p 5.1	21	21	21	21	21	21
Viga intermedia 1P1-1P3-1P7	Seccionador	Polo secc	250	250	250	250	250	250
		F secc	0	155	257	0	0	0
		P caja	80	80	80	80	80	80
		F caja	0	48	79	0	0	0



La siguiente imagen muestra, a modo de ejemplo, la ubicación de las cargas en el pórtico 1P5.

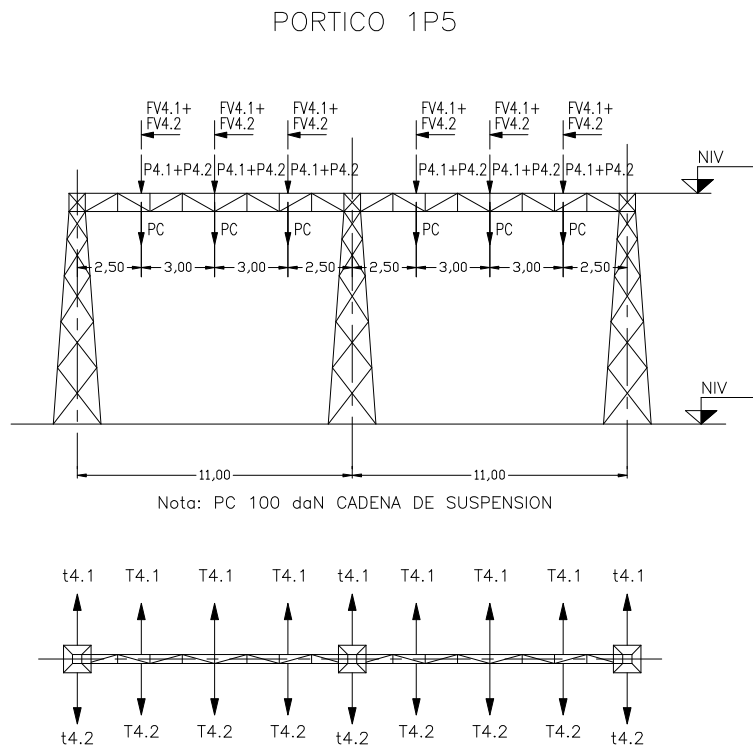


Figura 15: Ubicación de las cargas para el pórtico 1P5.

### 3.5. Modificaciones que se deben hacer a los pórticos.

Una vez se hubieron hecho los modelos, los planos y las memorias, hubo cambios de criterios que exigieron hacer una serie de modificaciones.

#### Ubicación de las cargas

- La primer corrección a realizar, que debe ser en todos los pórticos, es cambiar la ubicación de las cargas producidas por el tiro de los cables, las cuales se pensaron inicialmente en el cordón inferior de las vigas pero se deben ubicar en el cordón superior. Ver ejemplo en la Figura

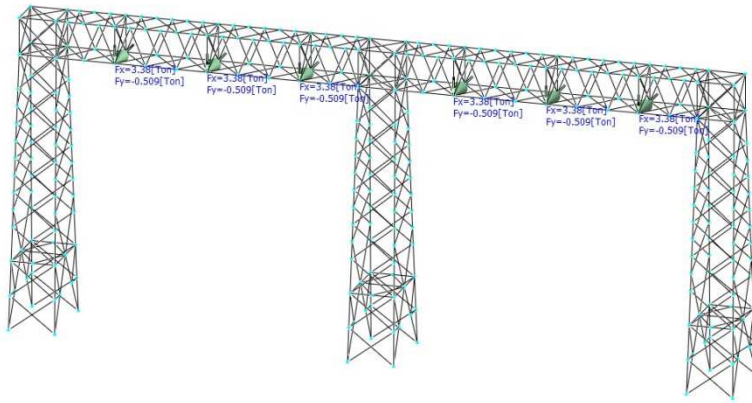


Figura 16: Ubicación de las cargas, antes.

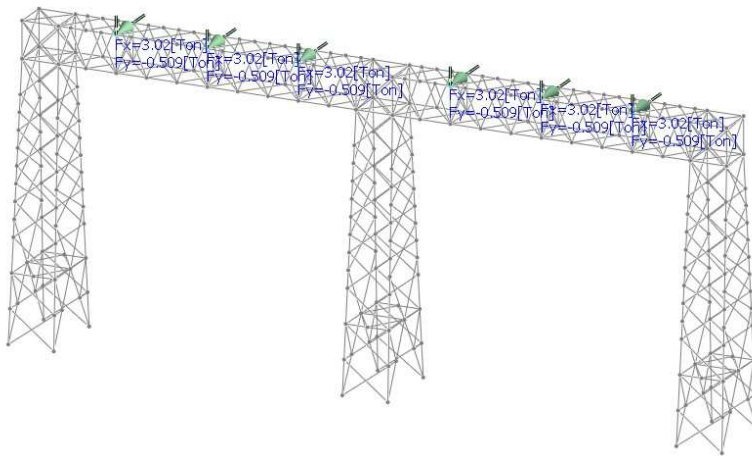


Figura 17: Ubicación de las cargas después.

- En segundo lugar se debe modificar las diagonales internas de las columnas de todos los pórticos. Inicialmente estaban dispuestas en forma de cruz, pero se debe cambiar su posición a la forma de rombo, porque está pensado que haya una escalera en el interior de las columnas de los pórticos que permitan el ascenso de un operario. Ver Figura

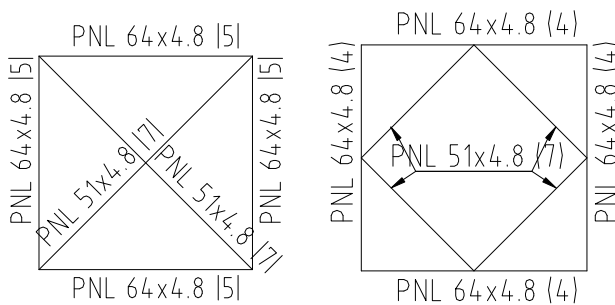


Figura 18: Antes y después de las diagonales interiores de las columnas en planta.

- En tercer lugar se buscó establecer mayor uniformidad en las secciones de los elementos. Se intenta que no haya muchas variaciones en las secciones de las barras metálicas, como se hizo en el primer diseño, especialmente en los montantes de las columnas y los cordones de las vigas. Así se logra que se necesiten menos empalmes entre barras. Ver figura.

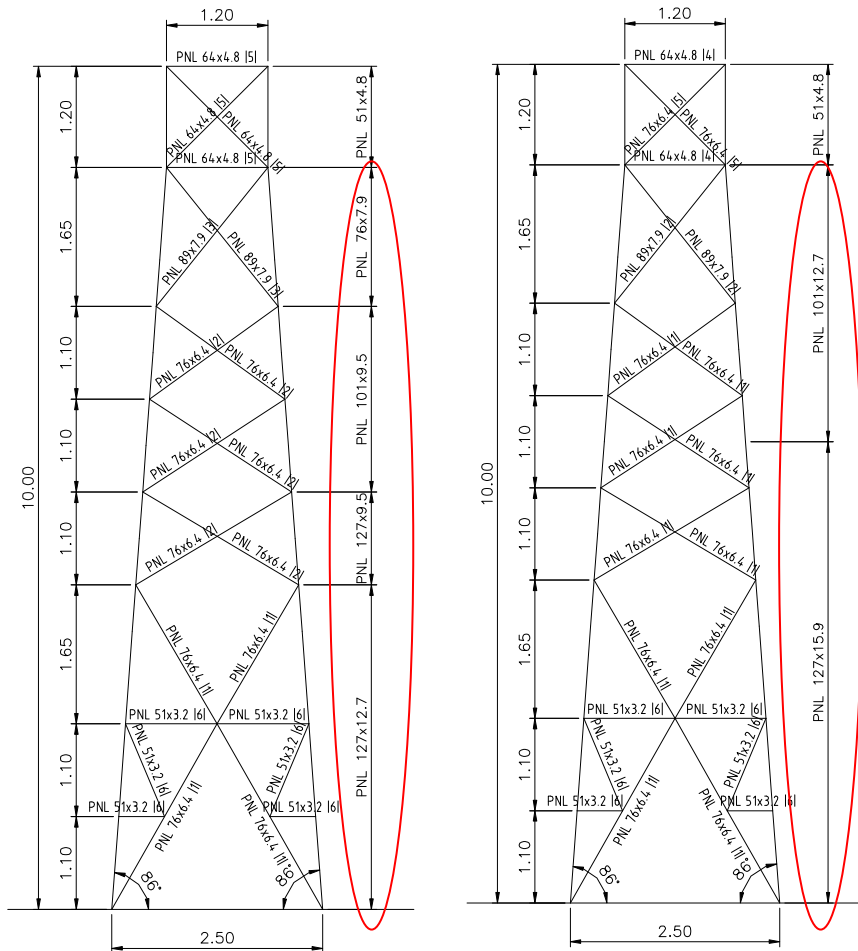


Figura 19: Antes y después, de uniformizar las secciones.

- En cuarto lugar se debe cambiar la viga superior de los pórticos 1P1 y 1P7, la misma debe ser más baja que lo que se diseñó inicialmente. Esto es porque está previsto que se ubique maquinaria bajo la misma, y la maquinaria no entra si se tiene una viga más alta. Ver Figura 19.

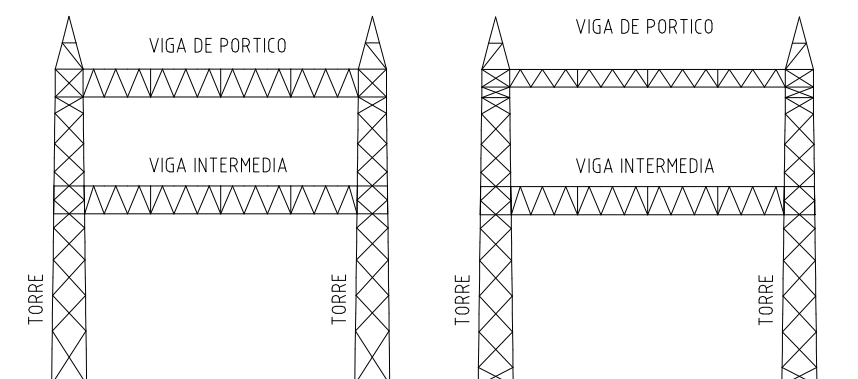


Figura 20: Corrección de la viga superior de los pórticos 1P1 y 1P7.

Con todas estas correcciones exigidas se procede a modificar los modelos en el programa RAM, se lo hace correr y se van modificando las secciones de los elementos hasta que la estructura verifique. Una vez que esto ocurre se procede a modificar los planos, cálculo de uniones y memorias.

### 3.6. Memorias.

A continuación se describirán las memorias de cálculo, las mismas son el documento que se entrega a la empresa constructora, en ellas se ilustra todo el procedimiento de cálculo y verificación que se realizó sobre cada pórtico.

La memoria incluye muchas de las cosas mencionadas anteriormente: un esquema general en planta para ubicar el pórtico en cuestión, el material con el que se trabaja, las hipótesis de carga, el árbol de carga.

Además de esto ya descripto las memorias incluyen:

#### 3.6.1. Determinación de acciones sobre las estructura

##### **Esfuerzos electromecánicos**

Los esfuerzos electromecánicos sobre la estructura se obtienen del documento E-GPA-1-00-M-MC-003

##### **Acciones debidas al Viento – Reglamento CIRSOC 102**

Metodología de cálculo:

Se consideran dos velocidades de viento de diseño:

- viento excepcional: 180 km/h
- viento sostenido: 140 km/h

Para cada condición de viento, se consideran tres escalones en altura: 10 m, 20 m y 30 m.

Se calcula la presión de cálculo.

### Velocidad del viento excepcional de diseño = 180 Km/h

$$V_0 = 50 \text{ m/seg}$$

$$\text{Presión básica: } q_0 = 0.0613 \times V_0^2 = 153 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{z1} = 1,0 \quad \text{para } h < 10\text{m}$$

$$C_{z2} = 1,19 \quad \text{para } 20 < h < 10\text{m}$$

$$C_{z3} = 1,31 \quad \text{para } 30 < h < 20\text{m}$$

$$C_d = 0.99$$

$$q_z = q_0 \times C_z \times C_d$$

$$q_{z1} = 151 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{z2} = 180 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{z3} = 198 \text{ kg/m}^2$$

### Velocidad del viento sostenido de diseño = 140 Km/h

$$V_0 = 38.9 \text{ m/seg}$$

$$\text{Presión básica: } q_0 = 0.0613 \times V_0^2 = 92.7 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{z1} = 92.7 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{z2} = 109 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{z3} = 120 \text{ kg/m}^2$$

Se calcula el Área Neta del reticulado de acuerdo a lo especificado en Reglamento CIRSOC 102 Capítulo 9 y se obtiene la relación de solidez  $\Phi$ .

$$\Phi = \frac{A_e}{A}$$

Ae: área efectiva del reticulado, descontando huecos.

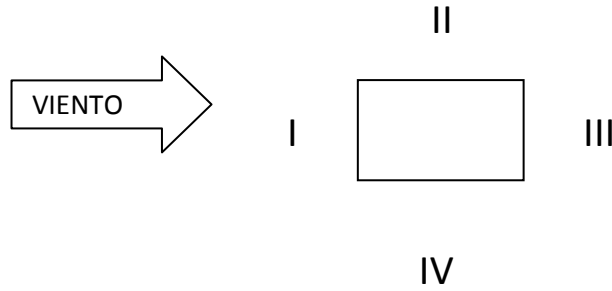
A: área encerrada dentro del perímetro exterior del reticulado, incluyendo huecos.

La acción del viento normal a una cara:

$$q_I = C_e \times q_z \times A_e \times 0.63 \quad (\text{caral})$$

$$q_{III} = C_e \times q_z \times A_e \times 0.37 \quad (\text{caralll})$$

$$C_e = 3.2 - 2 \Phi$$



La tabla a continuación muestra las cargas de viento aplicadas sobre la estructura, se considera presión  $q_i$  en ambas caras con la finalidad de considerar la acción del viento en elementos secundarios como pasarelas y escaleras:

ESFUERZOS DE VIENTO

GRUPO	PERFIL	ALA(m)	viento 180 km/h paralelo a la línea					viento 180 km/h perpendicular a la línea				
			SOLIDEZ $\Phi$	Ce	qz (Kg/m <sup>2</sup> )	qi (Kg/m)	qIII (Kg/m)	SOLIDEZ $\Phi$	Ce	qz (Kg/m <sup>2</sup> )	qi (Kg/m)	qIII (Kg/m)
columna hasta 10 m	L 2"x 1/8"	0.0508	0.28	2.64	151	12.76	7.49	0.22	2.76	151	13.34	7.8
	L 2_1/2"x 1/4"	0.0635	0.28	2.64	151	15.95	9.37	0.22	2.76	151	16.67	9.8
	L 3"x 1/4"	0.0762	0.28	2.64	151	19.14	11.24	0.22	2.76	151	20.01	11.8
	L 3_1/2"x 1/4"	0.0889	0.28	2.64	151	22.33	13.11	0.22	2.76	151	23.34	13.7
	L 4"x 1/4"	0.1016	0.28	2.64	151	25.52	14.99	0.22	2.76	151	26.68	15.7
	L 4"x 3/4"	0.1016	0.28	2.64	151	25.52	14.99	0.22	2.76	151	26.68	15.7
	L 5"x 1/2"	0.127	0.28	2.64	151	31.90	18.73	0.22	2.76	151	33.34	19.6
	L 5"x 3/4"	0.127	0.28	2.64	151	31.90	18.73	0.22	2.76	151	33.34	19.6
L 6"x 5/8"	0.152	0.28	2.64	151	38.17	22.42	0.22	2.76	151	39.91	23.4	
columna de 10 a 20 m	L 2"x 1/8"	0.0508	0.28	2.64	180	15.21	8.93	0.22	2.76	180	15.90	9.3
	L 2_1/2"x 1/4"	0.0635	0.28	2.64	180	19.01	11.16	0.22	2.76	180	19.87	11.7
	L 3"x 1/4"	0.0762	0.28	2.64	180	22.81	13.40	0.22	2.76	180	23.85	14.0
	L 3_1/2"x 1/4"	0.0889	0.28	2.64	180	26.61	15.63	0.22	2.76	180	27.82	16.3
	L 4"x 1/4"	0.1016	0.28	2.64	180	30.42	17.86	0.22	2.76	180	31.80	18.7
	L 4"x 3/4"	0.1016	0.28	2.64	180	30.42	17.86	0.22	2.76	180	31.80	18.7
	L 5"x 1/2"	0.127	0.28	2.64	180	38.02	22.33	0.22	2.76	180	39.75	23.3
	L 5"x 3/4"	0.127	0.28	2.64	180	38.02	22.33	0.22	2.76	180	39.75	23.3
L 6"x 5/8"	0.152	0.28	2.64	180	45.51	26.73	0.22	2.76	180	47.57	27.9	
viga hasta 10 m	L 2"x 1/8"	0.0508	0.25	2.7	151	13.05	7.66	0.16	2.88	151	13.92	8.2
	L 2_1/2"x 1/4"	0.0635	0.25	2.7	151	16.31	9.58	0.16	2.88	151	17.40	10.2
	L 3"x 1/4"	0.0762	0.25	2.7	151	19.57	11.49	0.16	2.88	151	20.88	12.3
	L 3_1/2"x 1/4"	0.0889	0.25	2.7	151	22.83	13.41	0.16	2.88	151	24.36	14.3
	L 4"x 1/4"	0.1016	0.25	2.7	151	26.10	15.33	0.16	2.88	151	27.84	16.3
	L 4"x 3/4"	0.1016	0.25	2.7	151	26.10	15.33	0.16	2.88	151	27.84	16.3
	L 5"x 1/2"	0.127	0.25	2.7	151	32.62	19.16	0.16	2.88	151	34.79	20.4
	L 5"x 3/4"	0.127	0.25	2.7	151	32.62	19.16	0.16	2.88	151	34.79	20.4
L 6"x 5/8"	0.152	0.25	2.7	151	39.04	22.93	0.16	2.88	151	41.64	24.5	
viga de 10 a 20 m	L 2"x 1/8"	0.0508	0.25	2.7	180	15.55	9.13	0.16	2.88	180	16.59	9.7
	L 2_1/2"x 1/4"	0.0635	0.25	2.7	180	19.44	11.42	0.16	2.88	180	20.74	12.2
	L 3"x 1/4"	0.0762	0.25	2.7	180	23.33	13.70	0.16	2.88	180	24.89	14.6
	L 3_1/2"x 1/4"	0.0889	0.25	2.7	180	27.22	15.99	0.16	2.88	180	29.03	17.1
	L 4"x 1/4"	0.1016	0.25	2.7	180	31.11	18.27	0.16	2.88	180	33.18	19.5
	L 4"x 3/4"	0.1016	0.25	2.7	180	31.11	18.27	0.16	2.88	180	33.18	19.5
	L 5"x 1/2"	0.127	0.25	2.7	180	38.88	22.84	0.16	2.88	180	41.48	24.4
	L 5"x 3/4"	0.127	0.25	2.7	180	38.88	22.84	0.16	2.88	180	41.48	24.4
L 6"x 5/8"	0.152	0.25	2.7	180	46.54	27.33	0.16	2.88	180	49.64	29.2	

## ESFUERZOS DE VIENTO

GRUPO	PERFIL	ALA(m)	viento 140 km/h paralelo a la línea					viento 140 km/h perpendicular a la línea				
			SOLIDEZ $\Phi$	Ce	qz (Kg/m <sup>2</sup> )	ql (Kg/m)	qIII (Kg/m)	SOLIDEZ $\Phi$	Ce	qz (Kg/m <sup>2</sup> )	ql (Kg/m)	qIII (Kg/m)
columna hasta 10 m	L 2"x 1/8"	0.0508	0.28	2.64	92.7	7.83	4.60	0.22	2.76	92.7	8.19	4.8
	L 2_1/2"x 1/4"	0.0635	0.28	2.64	92.7	9.79	5.75	0.22	2.76	92.7	10.24	6.0
	L 3"x 1/4"	0.0762	0.28	2.64	92.7	11.75	6.90	0.22	2.76	92.7	12.28	7.2
	L 3_1/2"x 1/4"	0.0889	0.28	2.64	92.7	13.71	8.05	0.22	2.76	92.7	14.33	8.4
	L 4"x 1/2"	0.1016	0.28	2.64	92.7	15.66	9.20	0.22	2.76	92.7	16.38	9.6
	L 4"x 3/4"	0.1016	0.28	2.64	92.7	15.66	9.20	0.22	2.76	92.7	16.38	9.6
	L 5"x 1/2"	0.127	0.28	2.64	92.7	19.58	11.50	0.22	2.76	92.7	20.47	12.0
	L 5"x 3/4"	0.127	0.28	2.64	92.7	19.58	11.50	0.22	2.76	92.7	20.47	12.0
L 6"x 5/8"	0.152	0.28	2.64	92.7	23.44	13.76	0.22	2.76	92.7	24.50	14.4	
columna de 10 a 20 m	L 2"x 1/8"	0.0508	0.28	2.64	109	9.21	5.41	0.22	2.76	109	9.63	5.7
	L 2_1/2"x 1/4"	0.0635	0.28	2.64	109	11.51	6.76	0.22	2.76	109	12.04	7.1
	L 3"x 1/4"	0.0762	0.28	2.64	109	13.81	8.11	0.22	2.76	109	14.44	8.5
	L 3_1/2"x 1/4"	0.0889	0.28	2.64	109	16.12	9.47	0.22	2.76	109	16.85	9.9
	L 4"x 1/2"	0.1016	0.28	2.64	109	18.42	10.82	0.22	2.76	109	19.26	11.3
	L 4"x 3/4"	0.1016	0.28	2.64	109	18.42	10.82	0.22	2.76	109	19.26	11.3
	L 5"x 1/2"	0.127	0.28	2.64	109	23.02	13.52	0.22	2.76	109	24.07	14.1
	L 5"x 3/4"	0.127	0.28	2.64	109	23.02	13.52	0.22	2.76	109	24.07	14.1
L 6"x 5/8"	0.152	0.28	2.64	109	27.56	16.18	0.22	2.76	109	28.81	16.9	
viga hasta 10 m	L 2"x 1/8"	0.0508	0.25	2.7	92.7	8.01	4.70	0.16	2.88	92.7	8.54	5.0
	L 2_1/2"x 1/4"	0.0635	0.25	2.7	92.7	10.01	5.88	0.16	2.88	92.7	10.68	6.3
	L 3"x 1/4"	0.0762	0.25	2.7	92.7	12.02	7.06	0.16	2.88	92.7	12.82	7.5
	L 3_1/2"x 1/4"	0.0889	0.25	2.7	92.7	14.02	8.23	0.16	2.88	92.7	14.95	8.8
	L 4"x 1/2"	0.1016	0.25	2.7	92.7	16.02	9.41	0.16	2.88	92.7	17.09	10.0
	L 4"x 3/4"	0.1016	0.25	2.7	92.7	16.02	9.41	0.16	2.88	92.7	17.09	10.0
	L 5"x 1/2"	0.127	0.25	2.7	92.7	20.03	11.76	0.16	2.88	92.7	21.36	12.5
	L 5"x 3/4"	0.127	0.25	2.7	92.7	20.03	11.76	0.16	2.88	92.7	21.36	12.5
L 6"x 5/8"	0.152	0.25	2.7	92.7	23.97	14.08	0.16	2.88	92.7	25.57	15.0	
viga de 10 a 20 m	L 2"x 1/8"	0.0508	0.25	2.7	109	9.42	5.53	0.16	2.88	109	10.05	5.9
	L 2_1/2"x 1/4"	0.0635	0.25	2.7	109	11.77	6.91	0.16	2.88	109	12.56	7.4
	L 3"x 1/4"	0.0762	0.25	2.7	109	14.13	8.30	0.16	2.88	109	15.07	8.9
	L 3_1/2"x 1/4"	0.0889	0.25	2.7	109	16.48	9.68	0.16	2.88	109	17.58	10.3
	L 4"x 1/2"	0.1016	0.25	2.7	109	18.84	11.06	0.16	2.88	109	20.09	11.8
	L 4"x 3/4"	0.1016	0.25	2.7	109	18.84	11.06	0.16	2.88	109	20.09	11.8
	L 5"x 1/2"	0.127	0.25	2.7	109	23.55	13.83	0.16	2.88	109	25.12	14.8
	L 5"x 3/4"	0.127	0.25	2.7	109	23.55	13.83	0.16	2.88	109	25.12	14.8
L 6"x 5/8"	0.152	0.25	2.7	109	28.18	16.55	0.16	2.88	109	30.06	17.7	

**Acciones debidas al Sismo – Reglamento CIRSOC 103**

El reglamento, para zona sísmica 0, establece que en las estructuras que hayan sido verificadas bajo los efectos del viento en las dos direcciones principales, se controlara que la resultante en cada dirección de las fuerzas del viento sea igual o mayor que el 1.5% del peso total de la construcción.

Resultante de las fuerzas del viento paralelo a la línea = 29 tn

Resultante de las fuerzas del viento perpendicular a la línea = 14 tn

Peso total de la estructura: 5.4 tn

$$1.5\% = 0.08 \text{ tn} \ll 43 \text{ tn}$$

### 3.6.2. Modelo de la estructura

En esta parte se ilustra la geometría de la estructura y se insertan dibujos con todas las barras y nudos numerados. Además se insertan dibujos que ilustran todos los estados de cargas. Ver imágenes ejemplos.

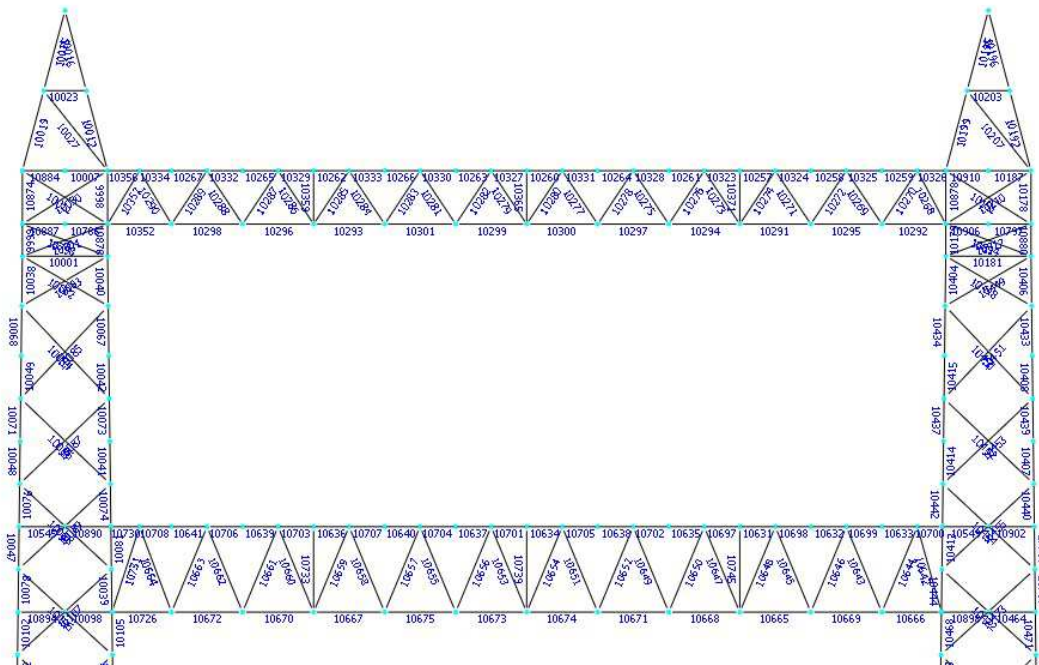


Figura 21: Modelo de la estructura 1.



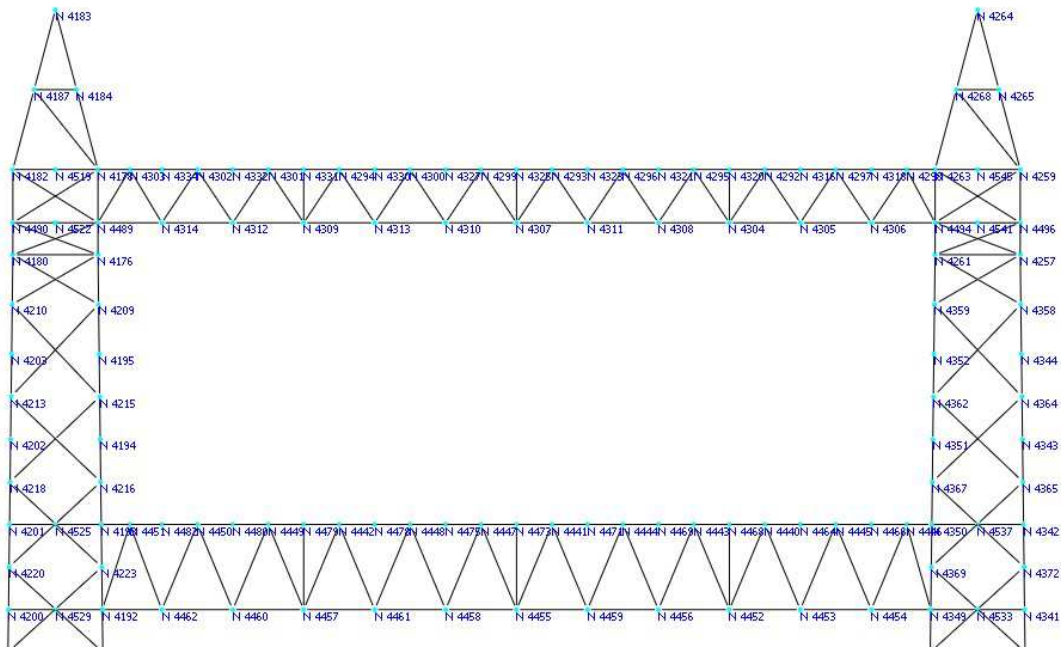


Figura 22: Modelo de la estructura 2.

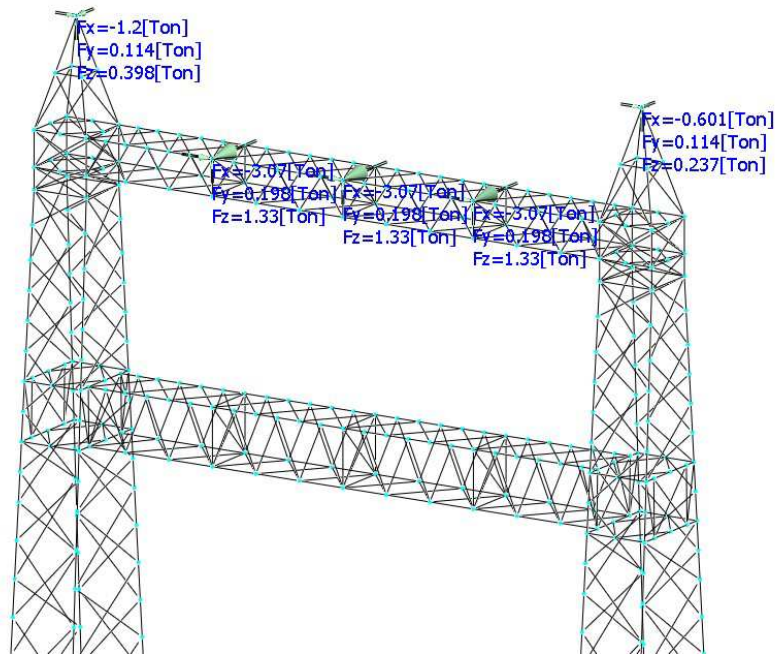


Figura 23: Modelo de la estructura 3.

**3.6.3. Verificación detallada de la estructura.**

En este apartado se pide al RAM que devuelva una imagen en que indique los elementos que verifican a las cargas y con cuanto margen verifican. Ver imagen.

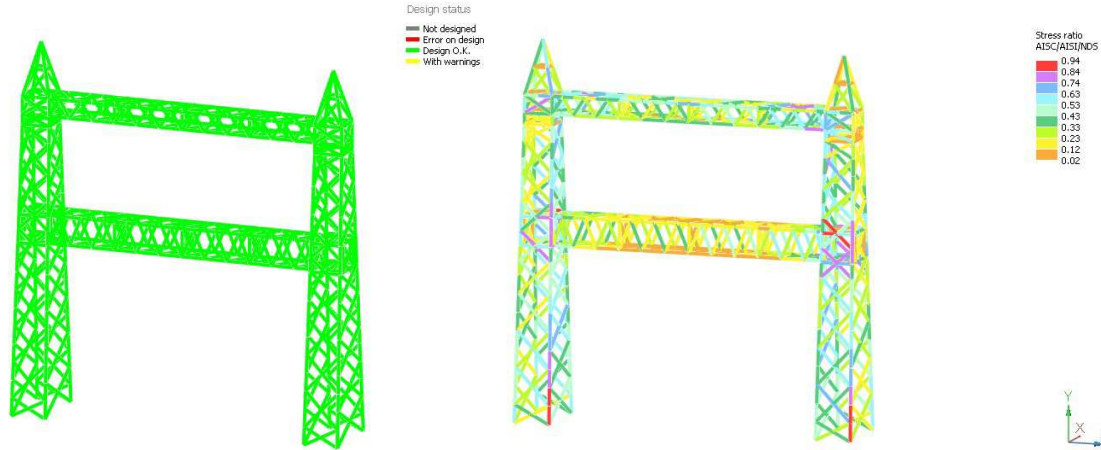


Figura 24: Grafico que muestra que elementos verifican a la sollicitación.

Por otro lado se pide al programa que entregue un informe en que indica cuales son los elementos más solicitados de cada tipo (cuando se dibuja la estructura se pone una descripción a cada elemento según la función que cumplan). Cuál es la sollicitación y de qué tipo, ver ejemplo a continuación.

### Steel Code Check

Report: Summary - Group by section

Description	Section	Member	Ctrl Eq.	Ratio	Status	Reference
<u>Cordón Inf Viga</u>	L 3X3X1_4	10292	D12 at 0.00%	<b>0.76</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
<u>Cordón Puntín</u>	L 2X2X1_8	10012	D57 at 0.00%	<b>0.67</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
<u>Cordón Sup Viga</u>	L 2-1_2X2-1_2X1_4	10700	D12 at 0.00%	<b>0.68</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
	L 3X3X1_4	10260	D38 at 100.00%	0.67	OK	Eq. H1-1a
<u>Cordón Torre</u>	L 2X2X3_16	10878	D12 at 0.00%	0.68	OK	Eq. H1-1a
	L 3X3X1_4	10074	D65 at 100.00%	0.81	OK	Eq. H1-1a
	L 3X3X3_16	10566	D20 at 100.00%	0.47	OK	Eq. H1-1b
	L 4X4X3_8	10854	D20 at 100.00%	<b>0.94</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
<u>Cruz Viga</u>	L 1-1_2X1-1_2X1_8	10368	D20 at 50.00%	<b>0.22</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
<u>Diag Mont Torre</u>	L 2X2X1_8	10924	D12 at 50.00%	<b>0.42</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
<u>Diag Puntín</u>	L 1-1_2X1-1_2X1_8	10025	D20 at 50.00%	<b>0.25</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1b
<u>Diag Torre Paral</u>	L 2-1_2X2-1_2X1_4	10430	D20 at 53.13%	0.79	OK	Eq. H1-1a
	L 2X2X1_8	10586	D65 at 50.00%	0.43	OK	Eq. H1-1a
	L 2X2X3_16	10569	D65 at 50.00%	<b>0.82</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
	L 3X3X1_4	10128	D20 at 46.88%	0.47	OK	Eq. H1-1a
<u>Diag Torre Perp</u>	L 2-1_2X2-1_2X1_4	10858	D12 at 50.00%	0.70	OK	Eq. H1-1a
	L 2-1_2X2-1_2X3_16	10454	D20 at 47.92%	<b>0.84</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
<u>Diag Torre Sup</u>	L 2X2X3_16	10938	D38 at 0.00%	<b>0.07</b>	<b>OK</b>	Sec. E1
<u>Diagonal Horizontal Viga</u>	L 1-1_2X1-1_2X1_8	10757	D26 at 46.88%	0.38	OK	Eq. H1-1a
	L 1-3_4x1-3_4x1_8	10400	D20 at 46.88%	0.63	OK	Eq. H1-1a
	L 2X2X1_4	10302	D39 at 50.00%	<b>0.76</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a

	<b>L 2X2X3_16</b>	<b>10305</b>	D39 at 50.00%	0.44	OK	Eq. H1-1a
<b>Diagonal Viga</b>	<b>L 1-3_4x1-3_4x1_8</b>	<b>10643</b>	D12 at 50.00%	0.63	OK	Eq. H1-1a
	<b>L 2X2X1_8</b>	<b>10225</b>	D38 at 50.00%	<b>0.64</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
<b>Horizontal Torre Sup</b>	<b>L 2X2X3_16</b>	<b>10007</b>	D57 at 0.00%	<b>0.65</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
<b>Mont Horiz Viga</b>	<b>L 1-1_2X1-1_2X1_8</b>	<b>10362</b>	D37 at 50.00%	<b>0.47</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
<b>Montante Perp</b>	<b>L 2X2X3_16</b>	<b>10549</b>	D12 at 96.88%	<b>0.88</b>	<b>OK</b>	Eq. H1-1a
	<b>L 3X3X1_4</b>	<b>10464</b>	D12 at 100.00%	0.73	OK	Eq. H1-1b
	<b>L 4X4X3_8</b>	<b>10559</b>	D57 at 100.00%	0.42	OK	Eq. H1-1b
	<b>L 5X5X5_8</b>	<b>10564</b>	D65 at 100.00%	0.81	OK	Eq. H1-1b
<b>Montante Viga</b>	<b>L 1-1_2X1-1_2X1_8</b>	<b>10364</b>	D38 at 100.00%	<b>0.34</b>	<b>OK</b>	Sec. E1

De la tabla anterior se eligen los elementos más solicitados y representativos, y de esos se pide al programa un informe bien completo y detallado.

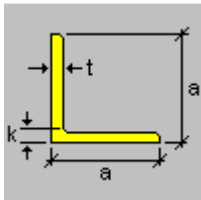
A continuación se muestra un ejemplo de dicho informe.

Member : 10012 (Cordón Puntín)  
 Design status : OK

### Section information

Section name: L 2X2X1\_8 (US)

#### Dimensions



a = 5.080 [cm] Flange length  
 k = 0.952 [cm] Distance k  
 t = 0.317 [cm] Thickness

#### Properties

Section properties	Unit	Major axis	Minor axis
Gross area of the section. (Ag)	[cm <sup>2</sup> ]	3.123	
Moment of Inertia (local axes) (I)	[cm <sup>4</sup> ]	7.867	7.867
Moment of Inertia (principal axes) (I')	[cm <sup>4</sup> ]	12.612	3.122
Bending constant for moments (principal axis) (J')	[cm]	0.000	3.471
Radius of gyration (local axes) (r)	[cm]	1.587	1.587
Radius of gyration (principal axes) (r')	[cm]	2.010	1.000
Saint-Venant torsion constant. (J)	[cm <sup>4</sup> ]	0.122	
Section warping constant. (Cw)	[cm <sup>6</sup> ]	0.212	
Distance from centroid to shear center (principal axis) (xo,yo)	[cm]	-1.738	-0.024
Top elastic section modulus of the section (local axis) (Ssup)	[cm <sup>3</sup> ]	2.114	2.114
Bottom elastic section modulus of the section (local axis) (Sinf)	[cm <sup>3</sup> ]	5.685	5.685
Top elastic section modulus of the section (principal axis) (S'sup)	[cm <sup>3</sup> ]	3.515	1.710
Bottom elastic section modulus of the section (principal axis) (S'inf)	[cm <sup>3</sup> ]	3.515	1.710
Plastic section modulus (local axis) (Z)	[cm <sup>3</sup> ]	3.769	3.769

Plastic section modulus (principal axis) (Z')	[cm <sup>3</sup> ]	5.437	2.719
Polar radius of gyration. (ro)	[cm]	2.794	
Area for shear (Aw)	[cm <sup>2</sup> ]	1.613	1.613
Torsional constant. (C)	[cm <sup>3</sup> ]	0.331	

**Material : F24**

Properties	Unit	Value
Yield stress (Fy):	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	2.40
Tensile strength (Fu):	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	3.50
Elasticity Modulus (E):	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	2100.00
Shear modulus for steel (G):	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	833.33

**DESIGN CRITERIA**

Description	Unit	Value
Length for tension slenderness ratio (L)	[m]	1.20

**Distance between member lateral bracing points**

Length (Lb) [m]	
Top	Bottom
1.20	1.20

**Laterally unbraced length**

Major axis(L33)	Length [m]		Torsional axis(Lt)	Major axis(K33)	Effective length factor	
	Minor axis(L22)				Minor axis(K22)	Torsional axis(Kt)
1.20	1.20	1.20	1.20	1.0	1.0	1.0

**Additional assumptions**

Continuous lateral torsional restraint	No
Tension field action	No
Continuous flexural torsional restraint	No
Effective length factor value type	None
Major axis frame type	Sway
Minor axis frame type	Sway
Single angle connected through width	No
Planar element	No
Consider eccentricity	No
Shear load point of application	Gravity center

**DESIGN CHECKS****AXIAL TENSION DESIGN****Axial tension**

Ratio	: 0.03	Reference	: Eq. D2-1
Capacity	: 6.74 [Ton]	Ctrl Eq.	: D62 at 0.00%
Demand	: 0.17 [Ton]		

Intermediate results	Unit	Value	Reference
Factored axial tension capacity ( $\phi P_n$ )	[Ton]	6.74	Eq. D2-1
Nominal axial tension capacity ( $P_n$ )	[Ton]	7.49	Eq. D2-1

**AXIAL COMPRESSION DESIGN** **Compression in the major axis 33**

Ratio	:	0.00		
Capacity	:	0.00 [Ton]		
Demand	:	0.00 [Ton]	Ctrl Eq.	: --

Intermediate results	Unit	Value	Reference
<u>Section classification</u>			
Unstiffened element classification	--	N/A	
Stiffened element classification	--	N/A	

**Compression in the minor axis 22**

Ratio	:	0.56		
Capacity	:	3.25 [Ton]	Reference	: Sec. E1
Demand	:	1.81 [Ton]	Ctrl Eq.	: D12 at 0.00%

Intermediate results	Unit	Value	Reference
<u>Section classification</u>			
Unstiffened element classification	--	Slender	
Unstiffened element slenderness ( $\lambda$ )	--	16.00	
Unstiffened element limiting slenderness ( $\lambda_r$ )	--	13.31	
Stiffened element classification	--	Slender	
Stiffened element slenderness ( $\lambda$ )	--	16.00	
Stiffened element limiting slenderness ( $\lambda_r$ )	--	13.31	
<u>Factored flexural buckling strength</u> ( $\Phi P_{n22}$ )	[Ton]	3.25	Sec. E1
Effective length factor (K22)	--	1.00	
Unbraced length (L22)	[m]	1.20	
Effective slenderness ((KL/r) <sub>22</sub> )	--	120.75	Eq. E5-4
Elastic critical buckling stress (Fe22)	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	1.42	Eq. E3-4
Reduction factor for slender unstiffened elements (Qs22)	--	0.93	Eq. E7-11
Effective area of the cross section based on the effective width (A <sub>e</sub> )	[cm <sup>2</sup> ]	3.12	Eq. E7-2
Reduction factor for slender stiffened elements (Qa22)	--	1.00	Eq. E7-16
Full reduction factor for slender elements (Q22)	--	0.93	Sec. E7
Critical stress for flexural buckling (Fcr22)	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	1.16	Eq. E7-2
Nominal flexural buckling strength (Pn22)	[Ton]	3.61	Eq. E7-1

**FLEXURAL DESIGN** **Bending about major axis, M33**

Ratio	:	0.09		
Capacity	:	0.05 [Ton*m]	Reference	: Sec. F1
Demand	:	0.00 [Ton*m]	Ctrl Eq.	: D12 at 0.00%

Intermediate results	Unit	Value	Reference
<u>Section classification</u>			
Unstiffened element classification	--	Noncompact	
Unstiffened element slenderness ( $\lambda$ )	--	16.00	
Limiting slenderness for noncompact unstiffened element ( $\lambda_r$ )	--	26.92	
Limiting slenderness for compact unstiffened element ( $\lambda_p$ )	--	15.97	
Stiffened element classification	--	Noncompact	
Stiffened element slenderness ( $\lambda$ )	--	16.00	
Limiting slenderness for noncompact stiffened element ( $\lambda_r$ )	--	26.92	

Limiting slenderness for compact stiffened element ( $\lambda_p$ )	--	15.97	
<u>Factored yielding strength</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.11	Sec. F1
Yield Moment (My)	[Ton*m]	0.08	Sec. F10.1
Yielding (Mn)	[Ton*m]	0.13	Eq. F10-1
<u>Factored lateral-torsional buckling strength</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.09	Sec. F1
Lateral-torsional buckling modification factor (Cb)	--	1.02	Eq. F1-1
Elastic lateral-torsional buckling moment (Me)	[Ton*m]	0.21	Eq. F10-5
Lateral-torsional buckling (Mn)	[Ton*m]	0.10	Eq. F10-2
<u>Factored compression flange local buckling strength</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.11	Sec. F1
Flange local buckling (Mn)	[Ton*m]	0.13	Eq. F10-7
<u>Factored yielding strength about a geometric axis</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.07	Sec. F1
Yield Moment (My)	[Ton*m]	0.05	Sec. F10.1
Yielding (Mn)	[Ton*m]	0.08	Eq. F10-1
<u>Factored lateral-torsional buckling strength about a geometric axis</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.05	Sec. F1
Lateral-torsional buckling modification factor (Cb)	--	1.36	Eq. F1-1
Elastic lateral-torsional buckling moment (Me)	[Ton*m]	0.18	Eq. F10-4a
Lateral-torsional buckling (Mn)	[Ton*m]	0.06	Eq. F10-2
<u>Factored leg local buckling strength about a geometric axis</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.05	Sec. F1
Flange local buckling (Mn)	[Ton*m]	0.06	Eq. F10-7

**Bending about minor axis, M22**

Ratio	: 0.08		
Capacity	: 0.06 [Ton*m]	Reference	: Sec. F1
Demand	: 0.00 [Ton*m]	Ctrl Eq.	: D12 at 0.00%

**Intermediate results**

	Unit	Value	Reference
<u>Section classification</u>			
Unstiffened element classification	--	Noncompact	
Unstiffened element slenderness ( $\lambda$ )	--	16.00	
Limiting slenderness for noncompact unstiffened element ( $\lambda_r$ )	--	26.92	
Limiting slenderness for compact unstiffened element ( $\lambda_p$ )	--	15.97	
Stiffened element classification	--	Noncompact	
Stiffened element slenderness ( $\lambda$ )	--	16.00	
Limiting slenderness for noncompact stiffened element ( $\lambda_r$ )	--	26.92	
Limiting slenderness for compact stiffened element ( $\lambda_p$ )	--	15.97	
<u>Factored yielding strength</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.06	Sec. F1
Yield Moment (My)	[Ton*m]	0.04	Sec. F10.1
Yielding (Mn)	[Ton*m]	0.06	Eq. F10-1
<u>Factored compression flange local buckling strength</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.06	Sec. F1
Flange local buckling (Mn)	[Ton*m]	0.06	Eq. F10-7
<u>Factored yielding strength about a geometric axis</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.07	Sec. F1
Yield Moment (My)	[Ton*m]	0.05	Sec. F10.1
Yielding (Mn)	[Ton*m]	0.08	Eq. F10-1
<u>Factored lateral-torsional buckling strength about a geometric axis</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.05	Sec. F1
Lateral-torsional buckling modification factor (Cb)	--	1.29	Eq. F1-1
Elastic lateral-torsional buckling moment (Me)	[Ton*m]	0.17	Eq. F10-4a
Lateral-torsional buckling (Mn)	[Ton*m]	0.05	Eq. F10-2
<u>Factored leg local buckling strength about a geometric axis</u> ( $\phi M_n$ )	[Ton*m]	0.05	Sec. F1
Flange local buckling (Mn)	[Ton*m]	0.06	Eq. F10-7

**DESIGN FOR SHEAR****Shear in major axis 33**

Ratio	: 0.01		
Capacity	: 2.09 [Ton]		
Demand	: -0.01 [Ton]	Ctrl Eq.	: D13 at 100.00%

Intermediate results	Unit	Value	Reference
<u>Factored shear capacity</u> ( $\phi V_n$ )	[Ton]	2.09	
Web slenderness ( $\lambda_w$ )	--	16.00	Sec. G2
Shear area ( $A_w$ )	[cm <sup>2</sup> ]	1.61	
Web buckling coefficient ( $k_v$ )	--	1.20	Sec. G7
Web buckling coefficient ( $C_v$ )	--	1.00	Sec. G4
Nominal shear strength ( $V_n$ )	[Ton]	2.32	Eq. G2-1

**Shear in minor axis 22**

Ratio	:	0.01		
Capacity	:	2.09 [Ton]		
Demand	:	-0.01 [Ton]	Ctrl Eq.	: D22 at 100.00%

Intermediate results	Unit	Value	Reference
<u>Factored shear capacity</u> ( $\phi V_n$ )	[Ton]	2.09	
Web slenderness ( $\lambda_w$ )	--	16.00	Sec. G2
Shear area ( $A_w$ )	[cm <sup>2</sup> ]	1.61	
Web buckling coefficient ( $k_v$ )	--	1.20	Sec. G4
Web buckling coefficient ( $C_v$ )	--	1.00	Sec. G4
Nominal shear strength ( $V_n$ )	[Ton]	2.32	Eq. G2-1

**COMBINED ACTIONS DESIGN**



**Combined flexure and axial compression**

Ratio	:	0.65		
Ctrl Eq.	:	D12 at 0.00%	Reference	: Eq. H1-1a

Intermediate results	Unit	Value	Reference
<u>Interaction of flexure and axial force</u>	--	0.65	Eq. H1-1a
Required flexural strength about strong axis ( $M_{r33}$ )	[Ton*m]	0.00	Eq. E5-4
Available flexural strength about strong axis ( $M_{c33}$ )	[Ton*m]	0.09	Sec. F1
Required flexural strength about weak axis ( $M_{r22}$ )	[Ton*m]	0.00	Eq. E5-4
Available flexural strength about weak axis ( $M_{c22}$ )	[Ton*m]	0.06	Sec. F1
Required axial compressive strength ( $P_r$ )	[Ton]	1.81	
Available axial compressive strength ( $P_c$ )	[Ton]	3.25	Sec. E1

**Combined flexure and axial tension**

Ratio	:	0.10		
Ctrl Eq.	:	D12 at 0.00%	Reference	: Eq. H1-1b

Intermediate results	Unit	Value	Reference
Required flexural strength about strong axis ( $M_{r33}$ )	[Ton*m]	0.00	Eq. E5-4
Available flexural strength about strong axis ( $M_{c33}$ )	[Ton*m]	0.09	Sec. F1
Required flexural strength about weak axis ( $M_{r22}$ )	[Ton*m]	0.00	Eq. E5-4
Available flexural strength about weak axis ( $M_{c22}$ )	[Ton*m]	0.06	Sec. F1
Required axial tensile strength ( $P_r$ )	[Ton]	0.00	
Available axial tensile strength ( $P_c$ )	[Ton]	6.74	Eq. D2-1

**Combined flexure and axial compression about local axis**

Ratio : 0.67  
 Ctrl Eq. : D12 at 0.00% Reference : Eq. H1-1a

Intermediate results	Unit	Value	Reference
Required flexural strength about strong local axis (Mr33)	[Ton*m]	0.00	
Available flexural strength about strong local axis (Mc33)	[Ton*m]	0.05	Sec. F1
Required flexural strength about weak local axis (Mr22)	[Ton*m]	0.00	
Available flexural strength about weak local axis (Mc22)	[Ton*m]	0.05	Sec. F1
Required axial compressive strength (Pr)	[Ton]	1.81	
Available axial compressive strength (Pc)	[Ton]	3.25	Sec. E1

**Combined flexure and axial tension about local axis**

Ratio : 0.12  
 Ctrl Eq. : D57 at 0.00% Reference : Eq. H1-1b

Intermediate results	Unit	Value	Reference
Required flexural strength about strong local axis (Mr33)	[Ton*m]	0.00	
Available flexural strength about strong local axis (Mc33)	[Ton*m]	0.05	Sec. F1
Required flexural strength about weak local axis (Mr22)	[Ton*m]	0.00	
Available flexural strength about weak local axis (Mc22)	[Ton*m]	0.05	Sec. F1
Required axial tensile strength (Pr)	[Ton]	0.00	
Available axial tensile strength (Pc)	[Ton]	6.74	Eq. D2-1

**Combined torsion and shear stresses**

Ratio : 0.05  
 Ctrl Eq. : D66 at 100.00% Reference : Eq. H3-8

Intermediate results	Unit	Value	Reference
Available shear stress for shear yielding ( $\phi F_{nv}$ )	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	1.30	Eq. H3-8
Shear stress due to flexure in strong axis (fvb3)	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	0.01	McNulty Sec.2.3
Shear stress due to flexure in weak axis (fvb2)	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	0.00	McNulty Sec.2.3
Shear stress due to torsion (fv <sub>t</sub> )	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	0.05	McNulty Sec.2.2
Total shear stress due to flexure and torsion (fv)	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	0.06	DG9 Sec. 4.6

**3.6.4. Cálculo de deformación.**

Con la ayuda del RAM se obtiene la deformación en los puntos más altos de los pórticos para luego verificar que sea menor que la admisible. Esta deformación no se calcula para las combinaciones últimas, sino para las combinaciones de servicio.

El programa devuelve una tabla como la siguiente:

Node	Translation						Rotation						
	X	Ic	Y	Ic	Z	Ic	Rx	Ic	Ry	Ic	Rz	Ic	
	[cm]		[cm]		[cm]		[Rad]		[Rad]		[Rad]		
4183	Max	2.871	D26	0.016	D20	3.985	D12	0.00298	D12	0.00172	D16	0.00617	D21
	Min	-4.211	D21	-0.036	D17	-1.226	D17	-0.00001	D17	-0.00241	D21	-0.00269	D26



4264	Max	2.871	D26	-0.020	D17	3.896	D12	0.00237	D12	0.00299	D20	0.00464	D21
	Min	-3.491	D21	-0.050	D12	-1.309	D17	-0.00023	D17	-0.00180	D17	-0.00271	D26

La deformación admisible (que se usa para comparar) se obtiene de dividir la altura del pórtico por 300.

### **3.6.5. Uniones y empalmes.**

Para el cálculo de uniones y empalmes se agrupa las uniones según su ubicación en el pórtico y según el perfil que unen. Luego se toma el elemento más solicitado y se diseña para todo el grupo.

Los bulones seran de Grado 5.6 IRAM 5214 (DIN 267)

- $F_y = 3.0 \text{ tn/cm}^2$
- $F_u = 5.0 \text{ tn/cm}^2$

Se utiliza la planilla de Excel ya descrita en la sección **2.2**. Las tablas de las verificaciones de las uniones se agregan en la memoria de cálculo.

### **3.6.6. Verificación de perfiles de viga para carga de montaje.**

Se verifican los elementos horizontales de las vigas que puedan verse sometidos a flexión producto del peso de los operarios durante el montaje y mantenimiento de la estructura metálica reticulada.

Se tienen en cuenta las diferentes secciones y longitudes de los elementos horizontales que constituyen las vigas reticuladas.

Para la verificación se considera una carga puntual de 100Kg sobre la mitad de la luz del elemento a verificar mayorada 1,5 veces.

Se verifican los siguientes elementos de las vigas: cordones superiores e inferiores, diagonales superiores e inferiores y montantes horizontales. Ver Figura.

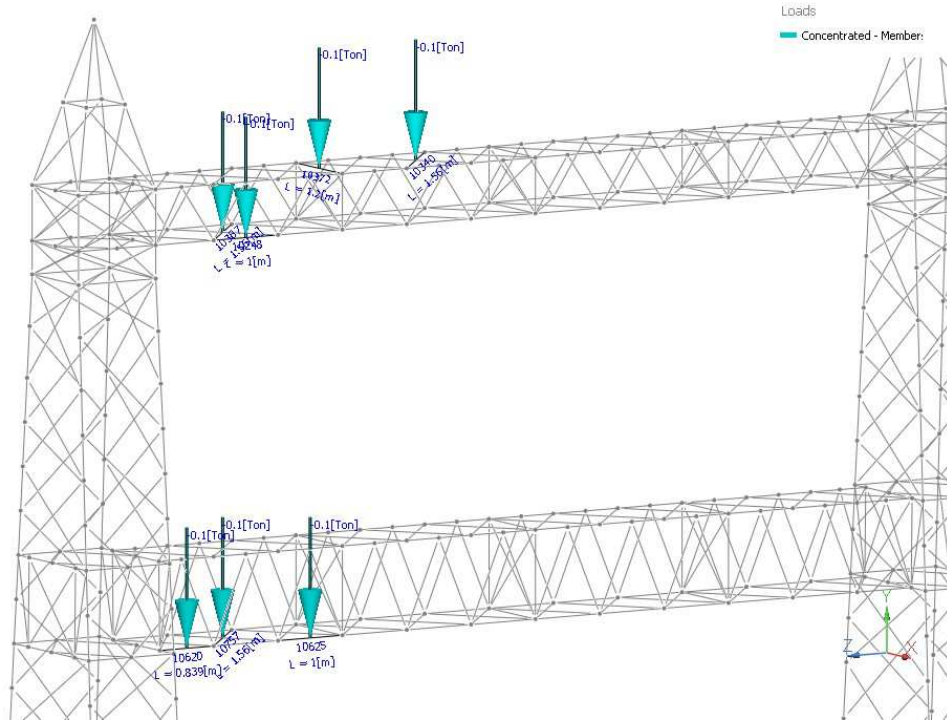


Figura 25: Cargas de montaje.

Description	Section	Member	Ctrl Eq.	Ratio	Status	Reference
<b>Cordón Inf Viga</b>	L 2-1_2X2-1_2X3_16	10625	D82 at 50.00%	0.22	OK	Eq. H1-1b
	L 3X3X1_4	10248	D82 at 50.00%	0.08	OK	Eq. H1-1b
	L 3X3X5_16	10620	D82 at 50.00%	0.06	OK	Eq. H1-1b
<b>Diagonal Horizontal Viga</b>	L 1-1_2X1-1_2X1_8	10305	D82 at 50.00%	0.97	OK	Eq. H1-1b
	L 2X2X1_4	10380	D82 at 50.00%	0.45	OK	Eq. H1-1b
	L 2X2X3_16	10750	D82 at 50.00%	0.59	OK	Eq. H1-1b
<b>Mont Horiz Viga</b>	L 1-1_2X1-1_2X1_8	10372	D82 at 50.00%	0.98	OK	Eq. H1-1b

El coeficiente ratio indica con cuanto margen verifica el elemento.

**3.6.7. Placa base y pernos de anclaje**

Los bulones de anclaje quedarán colados en el hormigón y luego se abulonarán los montantes de las columnas a la placa de base.

A continuación se muestran las reacciones de los distintos estados y combinaciones de carga para el diseño de la placa base y los pernos de anclaje para uno de los pórticos trabajados.

Node	Forces						Moments					
	Fx	Ic	Fy	Ic	Fz	Ic	Mx	Ic	My	Ic	Mz	Ic
	[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
-----												

4188	Max	2.933	D65	19.132	D17	1.555	D17	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
	Min	-1.984	D26	<b>-34.591</b>	D65	-2.402	D57	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
4189	Max	1.904	D31	19.325	D21	1.141	D17	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
	Min	-1.765	D71	-19.806	D61	-2.137	D57	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
4190	Max	2.356	D76	20.624	D16	1.417	D17	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
	Min	-2.602	D26	-17.423	D66	-2.292	D57	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
4191	Max	<b>3.495</b>	D20	34.085	D20	1.189	D17	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
	Min	-2.410	D71	-16.174	D62	-2.249	D57	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
4505	Max	3.288	D65	17.793	D17	1.149	D62	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
	Min	-2.661	D26	-30.184	D65	-2.145	D12	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
4506	Max	2.574	D31	16.544	D21	1.457	D62	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
	Min	-2.481	D71	-18.643	D61	-2.493	D12	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
4507	Max	1.590	D76	22.055	D16	1.221	D66	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
	Min	-1.964	D26	-15.867	D66	-2.094	D12	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
4508	Max	2.722	D20	<b>34.322</b>	D20	1.514	D62	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1
	Min	-1.736	D71	-16.835	D62	-2.602	D12	0.00000	D1	0.00000	D1	0.00000	D1

De la tabla anterior se obtienen las máximas reacciones de tracción compresión y corte, y se comprueba que la placa base y los pernos verifiquen a esa sollicitación. Aquí se muestra la verificación para este ejemplo particular.

La tracción y compresión máxima para el diseño son:

Tracción  $T_u = 34.591$  tn

Compresión  $C_u = 34.322$  tn

El corte máximo para el diseño es:

Corte  $V_u = 3.495$  tn

Para el soporte de todos los pórticos se utiliza como anclaje bulones diam 30 mm Grado 5.6. Ver figura.

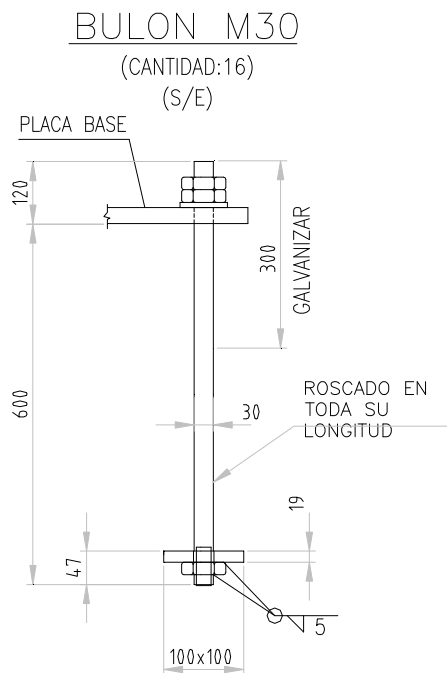


Figura 26: Anclaje.

Se dispondrán 4 anclajes por cada placa de base, por lo que la tracción y el corte por cada barra será de:

$$T = 34.591/4 = 8.65 \text{ tn}$$

$$V = 3.495/4 = 0.87 \text{ tn}$$

### Capacidad del anclaje

Resistencia a tracción combinada con corte:

$$\text{Resistencia a tracción: } R_d = 0.75 F_t A_b$$

$$F_t = 0.75 \cdot 5000 = 3750 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_b = 7.07 \text{ cm}^2$$

$$R_d = 19.88 \text{ tn}$$

$$\text{Resistencia al corte: } V_d = 0.75 m F_v A_b$$

$$m = 1$$

$$F_v = 2000 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_d = 10.605 \text{ tn}$$

### Longitud de Anclaje

En el extremo del anclaje se coloca un tope capaz de tomar una carga de:

Tensión máxima admisible a compresión bajo cargas localizadas

$$b = 1.4 \times b_r = 245 \text{ kg/cm}^2$$

Fricción Hormigón-Acero

$$f_r = 7.5 \text{ kg/cm}^2$$

Longitud Empotramiento

$$l = 60 \text{ cm}$$

Sección de la placa de 10.0 cm

$$A = 100.00 \text{ cm}^2$$

Carga tomada por el tope

$$F_t = b \times A = 24.50 \text{ tn}$$

$$F_f = \frac{7.5 \times p \times 3.0 \times 60}{1000} = 4.24 \text{ tn}$$

$$f = F_t + F_f = 24.50 + 4.24 = 28.74 \text{ tn} > \text{Tracción x barra} \quad \text{Verifica}$$

### Placa de Base

Se diseña una placa de 320 x 320 y de 50.8 mm de espesor.

Verificación de fuerza de contacto:

$$f_c = 34322 / (32 \times 32) = 34 \text{ kg/cm}^2$$

Verificación de la placa a flexión:

$$M_u = 2 \times 8650 \times 10 = 173000 \text{ kgcm}$$

$$Z_{\text{placa}} = 2 \times 32 \times 1.5 \times 2.08 = 206.45 \text{ cm}^3$$

$$M_d = 0.9 \times F_y \times Z = 0.9 \times 2400 \times 206.45 = 445935 \text{ kgcm} > M_u$$

### 3.7. Planos.

Una vez que se verificaron los nuevos diseños, se procede a realizar las correcciones a los planos.

Los planos incluyen:

- Esquema general de la geometría del pórtico.

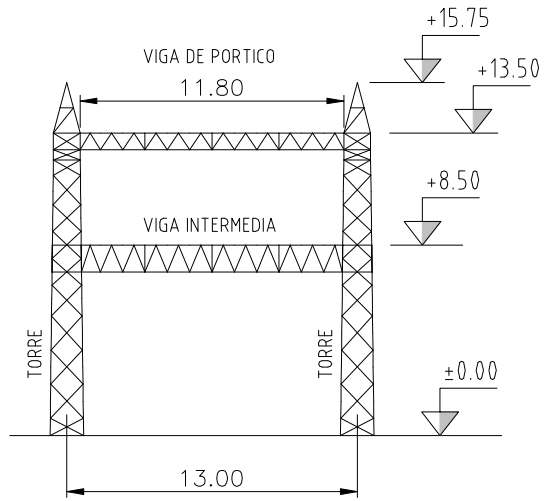


Figura 27: Esquema general de pórtico.

- Vistas laterales de los dos lados de las columnas (hay pórticos que tienen más de un tipo de columna, en ese caso deben tener dos vistas por tipo de columna), y cortes de las columnas. En estas vistas se debe aclarar el perfil que corresponde a cada elemento del pórtico.

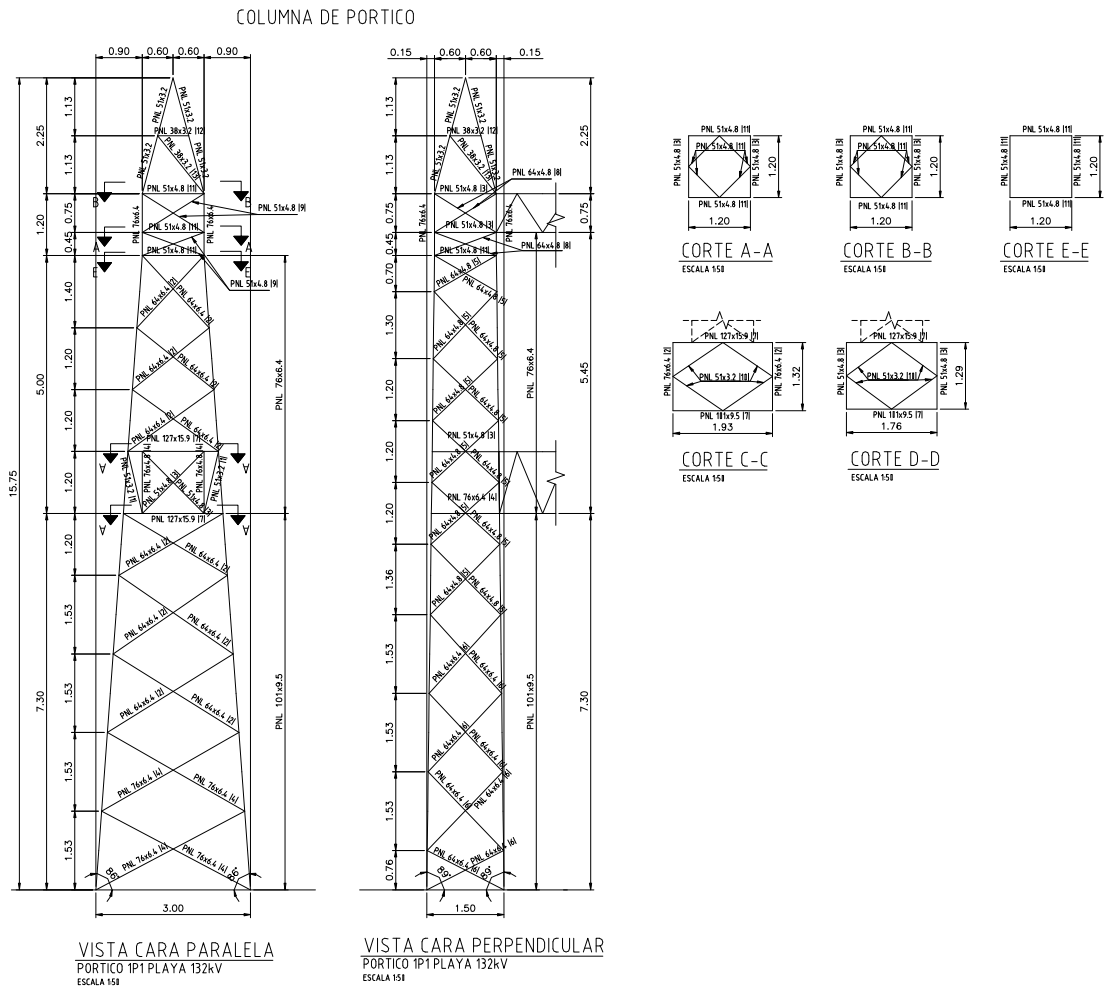


Figura 28: Vistas de columnas.

- Vistas de las vigas: una vista lateral, dos vistas en planta, del cordón superior y el inferior, y los cortes que sean necesarios. En estos planos, también debe estar correctamente aclarada la sección de perfil que debe tener cada barra.

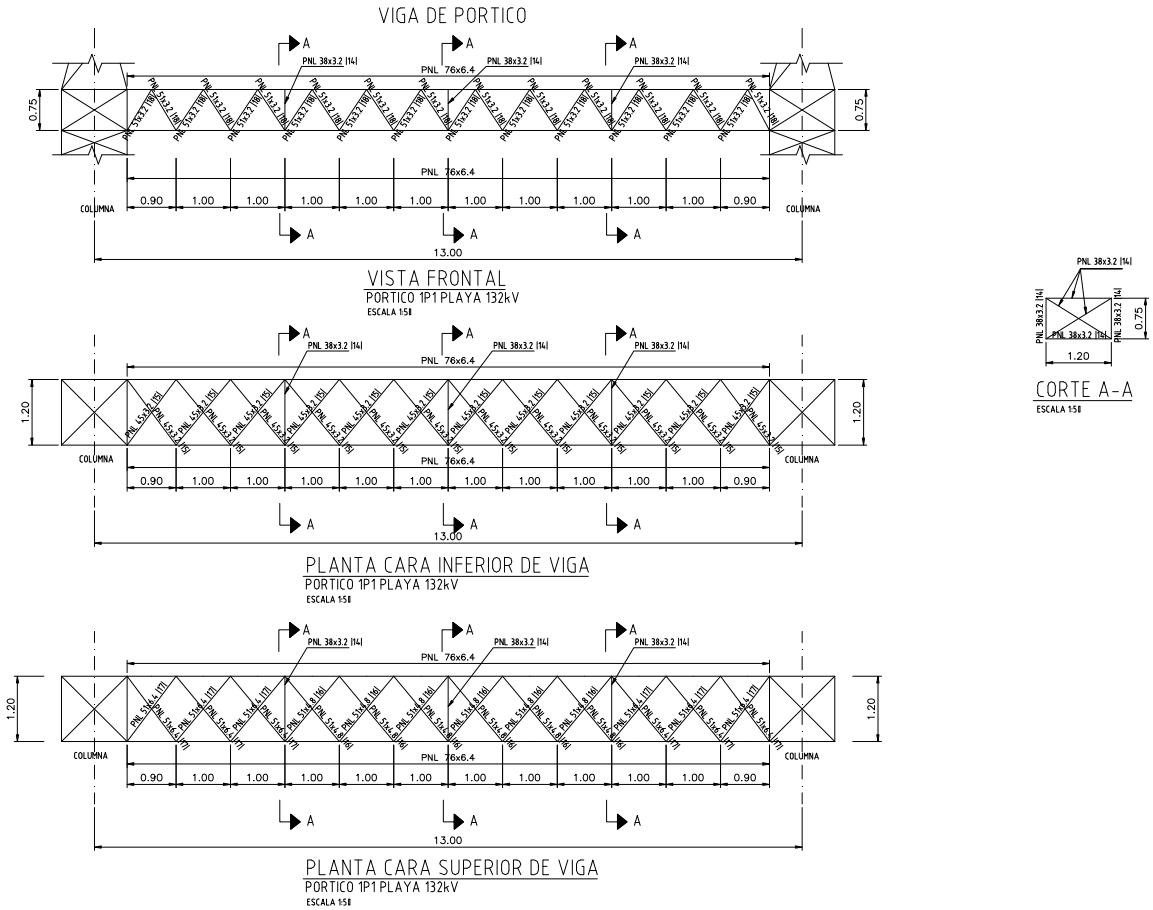


Figura 29: Vistas de vigas.



- Detalles del anclaje del pórtico a la fundación.

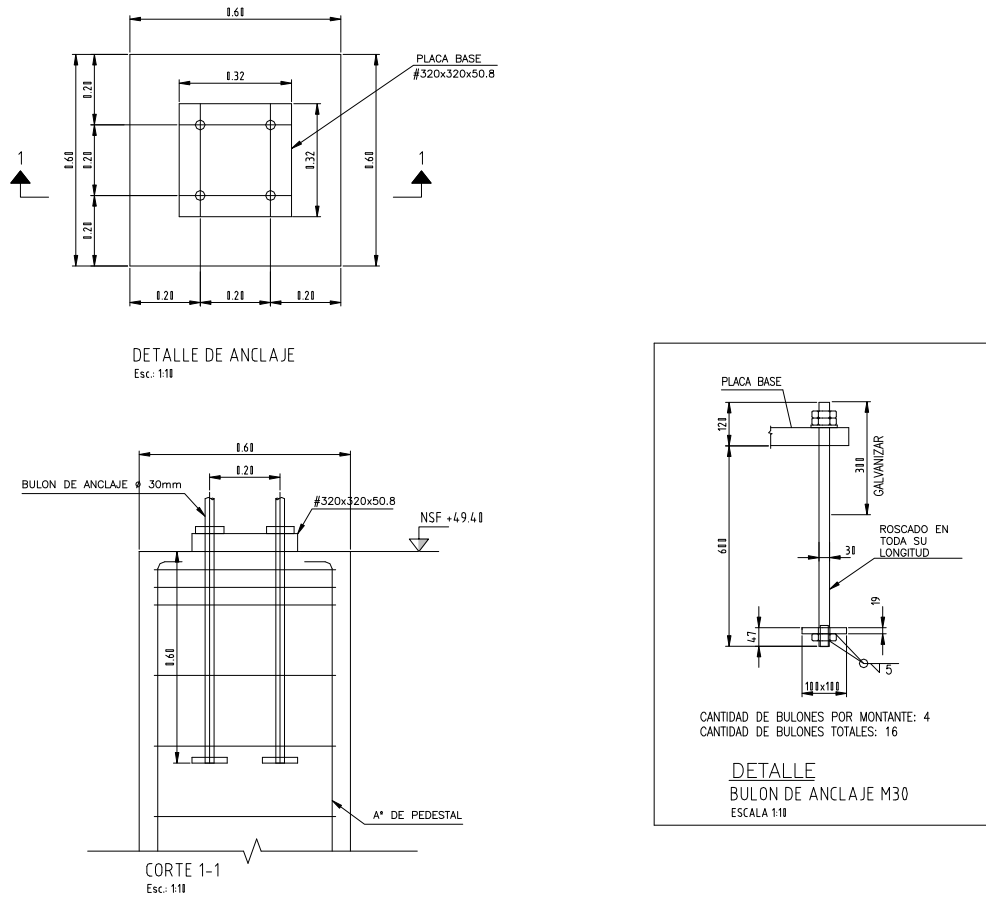


Figura 30: Anclaje del pórtico a la fundación.

- Tablas resumen de las uniones y los empalmes. Ver ejemplo.

**UNIONES ABULONADAS**

Elemento	Nº	Perfil	Bulon	
			Diam mm	Cantidad N
DIAGONAL DE COL PARALELAS	1	L 76x6.4	16	2
	2	L 89x7.9	16	3
DIAG. COL.PERP.	3	L 64x4.8	12	2
DIAGONAL SUP.	4	L 64x4.8	12	2
	5	L 76x6.4	16	2
DIAG. HORIZ. DE TORRE	6	L 51x3.2	12	1
	7	L 51x4.8	12	1

- Los planos también deben incluir notas de aclaración sobre los materiales que se utilizarán y algunos elementos que se deben incluir en los pórticos como escaleras, plataformas y pasarelas.

### 3.8. Base

Aunque el estudiante no trabaja sobre las fundaciones de los pórticos, debido a la gran relación con el tema, aquí se agrega brevemente una descripción del proceso de diseño y cálculo de las bases de fundación. Los cuales se realizan por separado del pórtico.

Se diseñan la base de fundación para las columnas de los pórticos. La base de fundación está constituida por cuatro pedestales de hormigón que le dan apoyo a cada uno de los cordones de las columnas del pórtico. Estos pedestales, están unidos entre sí por vigas y llegan hasta una base que apoya en el suelo de fundación. Para el diseño se modela la base apoyando en un medio elástico con el fin de determinar los esfuerzos máximos en pedestales, vigas y base de fundación.

Los materiales usados en el diseño son:

Acero ADN 420

HORMIGON H20

En el modelo en RAM se modelan: los pedestales, las vigas y la base (ver Figura).

Para considerar el comportamiento del suelo, se lo representa con resortes impedidos de trabajar a tracción, que tienen un área de influencia de 0.50 m x 0.50 m. La constante de los resortes dependerá de los parámetros del suelo.

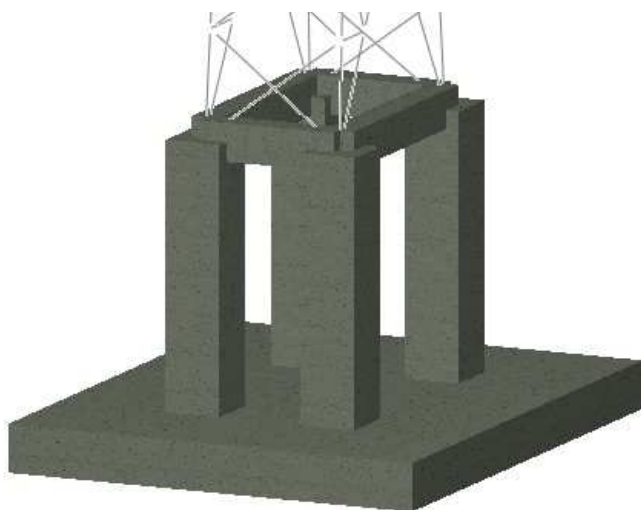


Figura 31: Imagen 3D de la estructura modelada.

Además de las solicitaciones transmitidas por la estructura metálica, se considera el peso del suelo por encima de la base. Que se representará como una carga distribuida

en la superficie de la base, que dependerá del peso específico del suelo y de la profundidad de la fundación.

Una vez modelada la base, con los valores que se obtienen del RAM, se realizan verificaciones de presiones admisibles, al vuelco y al deslizamiento.

Posteriormente se calculan las armaduras de las vigas riostras, pedestales y la losa de fondo.



## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES.**

### Sobre el trabajo con programas de cálculo

- ✓ El trabajo con software de cálculo permite obtener rápidamente los resultados planteando distintas alternativas.
- ✓ Es importante modelar correctamente la estructura para asegurarse de obtener resultados lo más adecuados posibles.
- ✓ No se debe tener confianza ciega en el programa y el operario debe poder prever los resultados para evitar errores provenientes de una mala modelación.

### Sobre el trabajo en composición de planos y redacción de memorias de cálculo

- ✓ Se deben presentar los datos de la manera más clara y ordenada posible. Hay que tener en cuenta que otras personas trabajarán con esta información.

### Sobre el trabajo en equipo

- ✓ Uno debe saber cuándo una dificultad lo sobrepasa y debe pedir consejo a alguien más experimentado.
- ✓ Debe haber buena comunicación entre los miembros de un equipo de trabajo para optimizar el esfuerzo y los resultados.

### Sobre la experiencia personal en la práctica supervisada

- ✓ Este trabajo fue una gran oportunidad de aplicar los conocimientos y el criterio adquirido a lo largo de la carrera. Además la posibilidad de realizar una tarea propia del campo del ingeniero civil acompañado por profesionales del área permitió madurar aprendizajes obtenidos en la universidad.

Por otro lado, el hecho de que se trabajara en una obra que se está llevando a cabo aumenta la responsabilidad y la intensidad de realizar un buen trabajo, mucho más que cualquier actividad en la facultad. Esto le dio más intensidad a la práctica. Al mismo tiempo el estudiante tuvo la posibilidad de participar en otras tareas (como cálculo de canales de cables, confección de planillas de doblado, etc.) además del trabajo con los pórticos metálicos, pudo tener una visión más completa de la obra y ver con globalidad el proyecto que lleva adelante todo el equipo.



## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Libros**

Gabriel Troglia; “Estructuras Metálicas – Proyecto por estados límites”; Córdoba, Argentina, 2010

### **Reglamentos**

CIRSOC 101, Reglamento Argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras

CIRSOC 102 Reglamento Argentino de acción del viento sobre las construcciones

IMPRES - CIRSOC 103 Reglamento Argentino para construcciones sismoresistentes

CIRSOC 301 Reglamento Argentino de estructuras de acero para edificios

### **Memorias de Cálculo**

*Fragueiro & Novillo*; “ET Paraná 500/132/33 kV – Memoria de Cálculo – Diseño Estructural – Pórtico 5P1 de Playa 500 kV”, Córdoba, Argentina, 2013

*Fragueiro & Novillo*; “ET Paraná 500/132/33 kV – Memoria de Cálculo – Diseño Estructural – Pórtico 1P1 de Playa 132 kV”, Córdoba, Argentina, 2013

*Fragueiro & Novillo*; “ET Paraná 500/132/33 kV – Memoria de Cálculo – Diseño Estructural – Pórtico 1P2 de Playa 500 kV”, Córdoba, Argentina, 2013

*Fragueiro & Novillo*; “ET Paraná 500/132/33 kV – Memoria de Cálculo – Diseño Estructural – Pórtico 1P3 de Playa 500 kV”, Córdoba, Argentina, 2013

*Fragueiro & Novillo*; “ET Paraná 500/132/33 kV – Memoria de Cálculo – Diseño Estructural – Pórtico 1P5 de Playa 500 kV”, Córdoba, Argentina, 2013