




CANTAREIRA ENERGIA

LINHA DE TRANSMISSÃO 500 kV CIRCUITO DUPLO

ESTREITO / FERNÃO DIAS

TORRE TIPO CEL

PROGRAMA DE TESTES

0A	FGS	RCM	PRRLS	27/08/14	EMISSÃO INICIAL				
REV.	FEITO	VERIF.	APROV.	DATA	DESCRIÇÃO				
PROJETO ESTRUTURAL:					CLIENTE:				
					 LEME 				
FEITO	VERIF.	V. PROJ.	APROV.	DATA	O.S.	Nº ENGETOWER	Nº CLIENTE	REV.	TOT. FOLHAS
FGS	RCM	RCM	PRRLS	27/08/14	1530	36.80-T1001		0A	1/16

ÍNDICE

1 OBJETIVO	Pág.	3		
2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA	Pág.	3		
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3		
4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3		
5 ETAPAS DE CARREGAMENTO	Pág.	4		
6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES	Pág.	4		
7 MEDIÇÃO DE CARGAS	Pág.	4		
8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS	Pág.	4		
9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO	Pág.	4		
10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	Pág.	4	a	5
11 CARGAS NA ESTRUTURA	Pág.	6	a	14
12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÃO DO MASTRO	Pág.	15		
13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS	Pág.	16		

1 OBJETIVO

Este programa de testes tem por objetivo traçar diretrizes para o ensaio de carregamento de protótipo da torre tipo CEL, tendo como referência os seguintes documentos:

- Cálculo Estrutural ENGETOWER n° 36.80-C1001;
- Desenho de Silhueta ENGETOWER n° 36.80-D1000.

2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA

A torre tipo CEL a ser ensaiada terá altura total de 67.4m (correspondente à altura nominal de 49.5m), peso total de aproximadamente 18000 kgf e deverá ser instalada sobre base rígida, sendo constituída pelos seguintes componentes:

- Cabeça;
- Parte Superior Comum;
- Parte Inferior Comum;
- 2 Extensões 7.5m.

3 HIPÓTESES DE CARGA

Serão testadas as seguintes hipóteses de carga no ensaio de carregamento do protótipo:

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
1	Vento máximo transversal, cabos intactos
1X	Vento máximo transversal acima da mísula dos estais, vento transversal reduzido abaixo da mísula dos estais, cabos intactos
4Ds	Fase superior rompida, apenas o circuito da direita montado, sem vento
4Dm	Fase inferior externa rompida, apenas o circuito da direita montado, sem vento
5D	Pára-raios direito rompido, apenas circuito da direita montado, sem vento
6D	Construção/Manutenção, apenas circuito da direita montado, sem vento
8D	Vento de alta intensidade longitudinal, apenas o circuito da direita montado, cabos intactos
11D	Grampeamento, apenas circuito da direita montado, sem vento (ver ponto 5 do item 10)

4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA

Deverá ser adotada a seguinte sequência de aplicação das hipóteses de carga para realização do ensaio:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| TESTE N° 1 - HIPÓTESE 11D | TESTE N° 5 - HIPÓTESE 4Dm |
| TESTE N° 2 - HIPÓTESE 6D | TESTE N° 6 - HIPÓTESE 8D |
| TESTE N° 3 - HIPÓTESE 5D | TESTE N° 7 - HIPÓTESE 1 |
| TESTE N° 4 - HIPÓTESE 4Ds | TESTE N° 8 - HIPÓTESE 1X |

5 ETAPAS DE CARREGAMENTO

A estrutura deverá ser submetida a 5 (cinco) etapas de carregamento para cada hipótese selecionada, correspondentes a 50%, 75%, 90%, 95% e 100% das cargas máximas.

Para as etapas de 50%, 75%, 90% e 95% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas durante um período mínimo de 1 (um) minuto, ou pelo período necessário para a leitura das cargas e deflexões. Para a etapa de 100% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas por um período mínimo de 5 (cinco) minutos.

6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES

As deflexões transversais e longitudinais da torre deverão ser medidas no topo da estrutura, ao nível da fixação dos estais na estrutura e no ponto médio do mastro. Além dessas, deverão também ser medidas as deflexões longitudinais nas pontas das mísulas (pontos 1a, 1b, 4a e 4d no esquema do item 11). As medições deverão ser feitas antes, durante e depois da aplicação dos incrementos de carga e após o descarregamento da estrutura, utilizando-se aparelhos óticos adequados.

Antes do início do ensaio deverá ser realizada uma inspeção de pré-montagem, para verificação da verticalidade da estrutura e determinação da deflexão residual de montagem.

7 MEDIÇÃO DE CARGAS

As cargas deverão ser medidas através de dinamômetros eletrônicos (load cells), previamente calibrados e instalados nos pontos de conexão dos cabos com a estrutura. A leitura dessas cargas será feita através de indicadores eletrônicos localizados na cabine de controle.

Deverá ser feito o monitoramento dos esforços em todos os estais.

8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS

A calibração dos dinamômetros eletrônicos deverá ser realizada antes do início dos testes através de procedimento específico e baseada em padrão rastreável. Evidências de rastreabilidade e calibração do padrão devem ser apresentadas. Registros de calibração devem ser realizados e avaliados antes do teste considerando eventual necessidade de ajuste ou substituição de equipamento de medição.

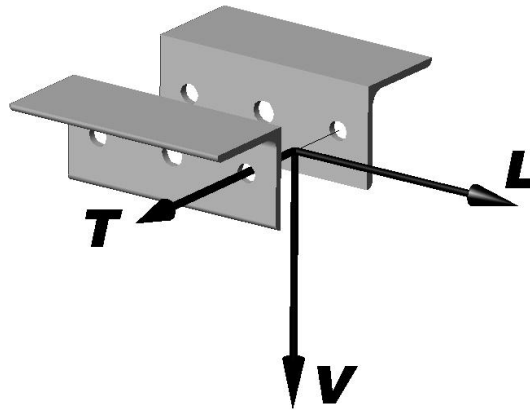
9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO

Após a conclusão do ensaio e de sua aprovação deverão ser selecionadas 8 (oito) barras da estrutura, preferencialmente com esbeltez efetiva inferior a C_c , conforme definido na norma ASCE 10-97. Corpos de prova de cada uma dessas barras serão submetidos a ensaios mecânicos para análise das tensões de escoamento e de ruptura.

10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

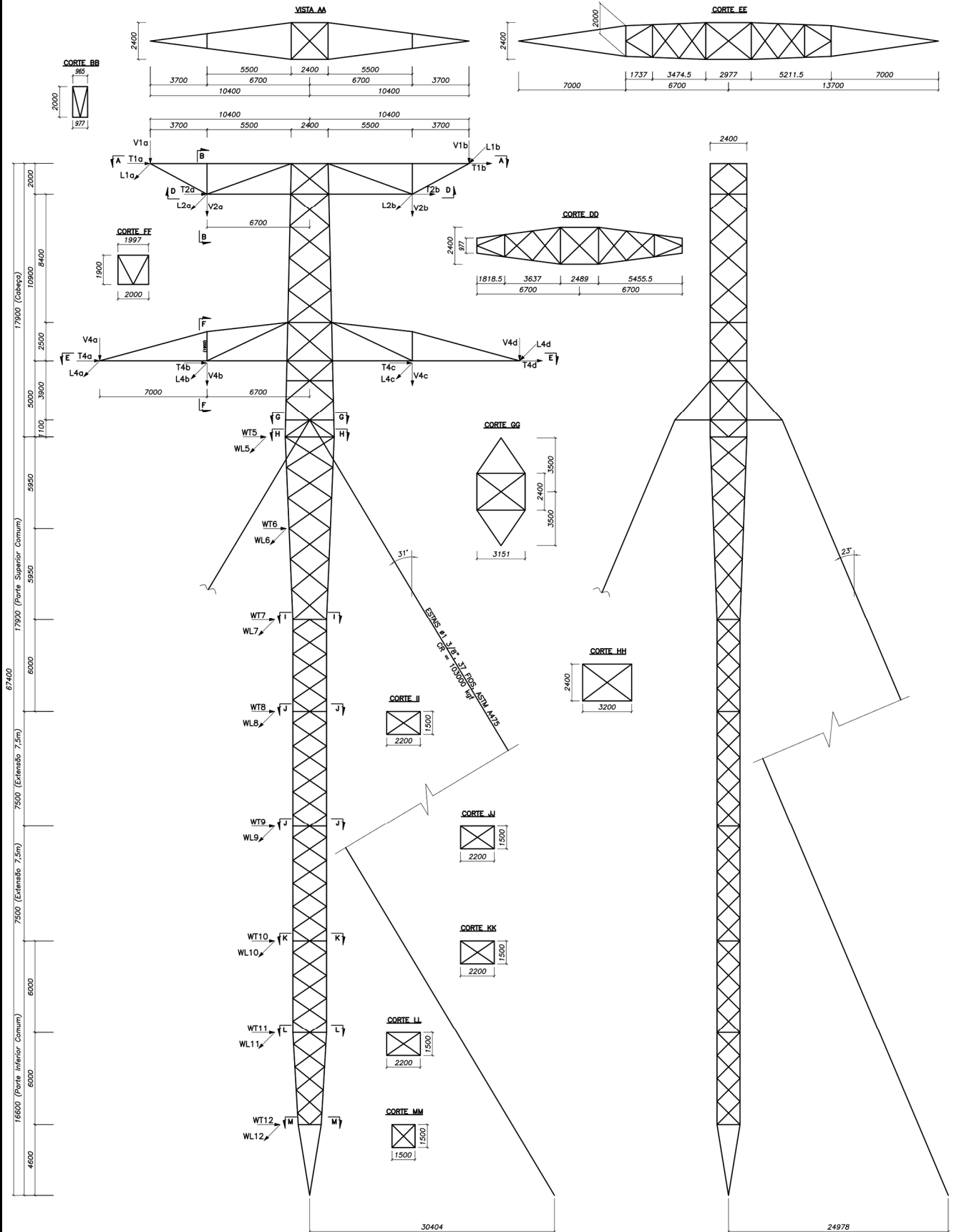
- Os elementos de fixação das cadeias às estruturas, utilizados no ensaio de carga, deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas e as cargas devidas aos cabos deverão ser aplicadas nesses elementos.
- Os estais e acessórios para sua fixação à estrutura deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas.
- Os estais deverão ser instalados com uma carga de pré-tensão igual a (12360 ± 1200) kgf, equivalente a aproximadamente 12% de sua carga mínima de ruptura.

- A torre do teste deverá ser galvanizada.
- Na hipótese G, as cargas referentes a cada uma das fases deverão ser aplicadas em 2 dos 4 furos auxiliares para montagem/manutenção localizados nas respectivas peças de ataque, conforme esquema abaixo:



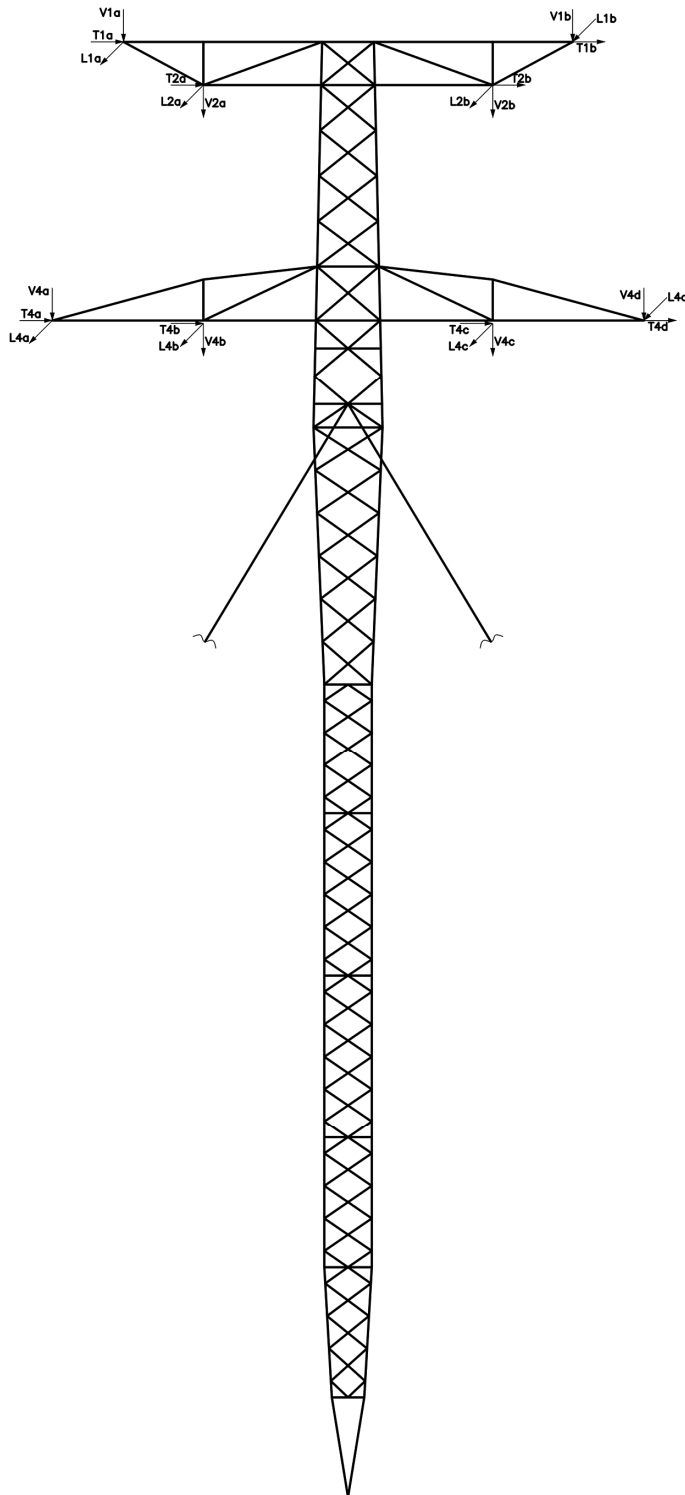
11 CARGAS NA ESTRUTURA

Os testes de carga serão realizados conforme esquema de aplicação de cargas indicado no desenho abaixo:



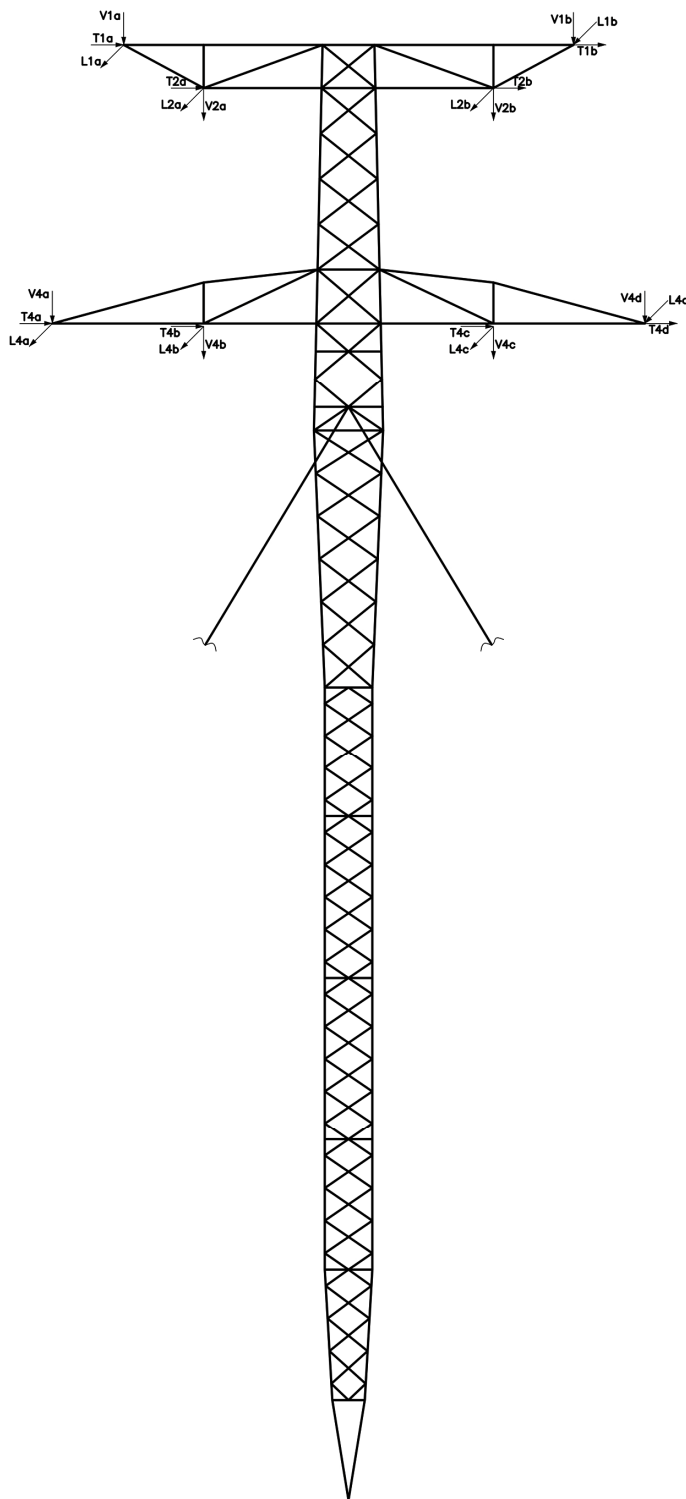
11.1 CARGAS TOTAIS POR HIPÓTESE

11.1.1 TESTE N° 1 - HIPÓTESE 11D



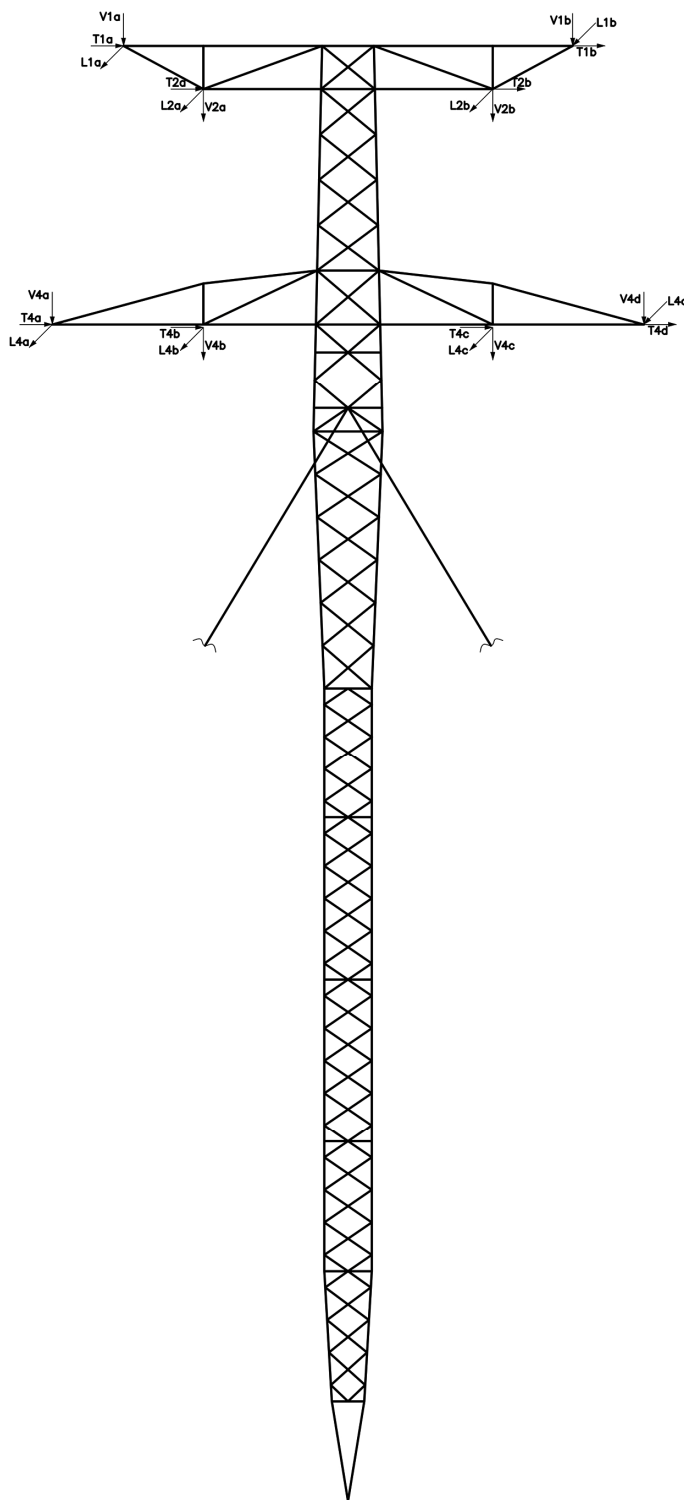
HIPÓTESE 11D - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	1502	-	1502
V2a	-	-	-
V2b	7157	-	7157
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	7157	-	7157
V4d	7157	-	7157
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	111	-	111
T2a	-	-	-
T2b	557	-	557
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	557	-	557
T4d	557	-	557
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	403	-	403
L2a	-	-	-
L2b	1918	-	1918
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	1918	-	1918
L4d	1918	-	1918

11.1.2 TESTE N° 2 - HIPÓTESE 6D



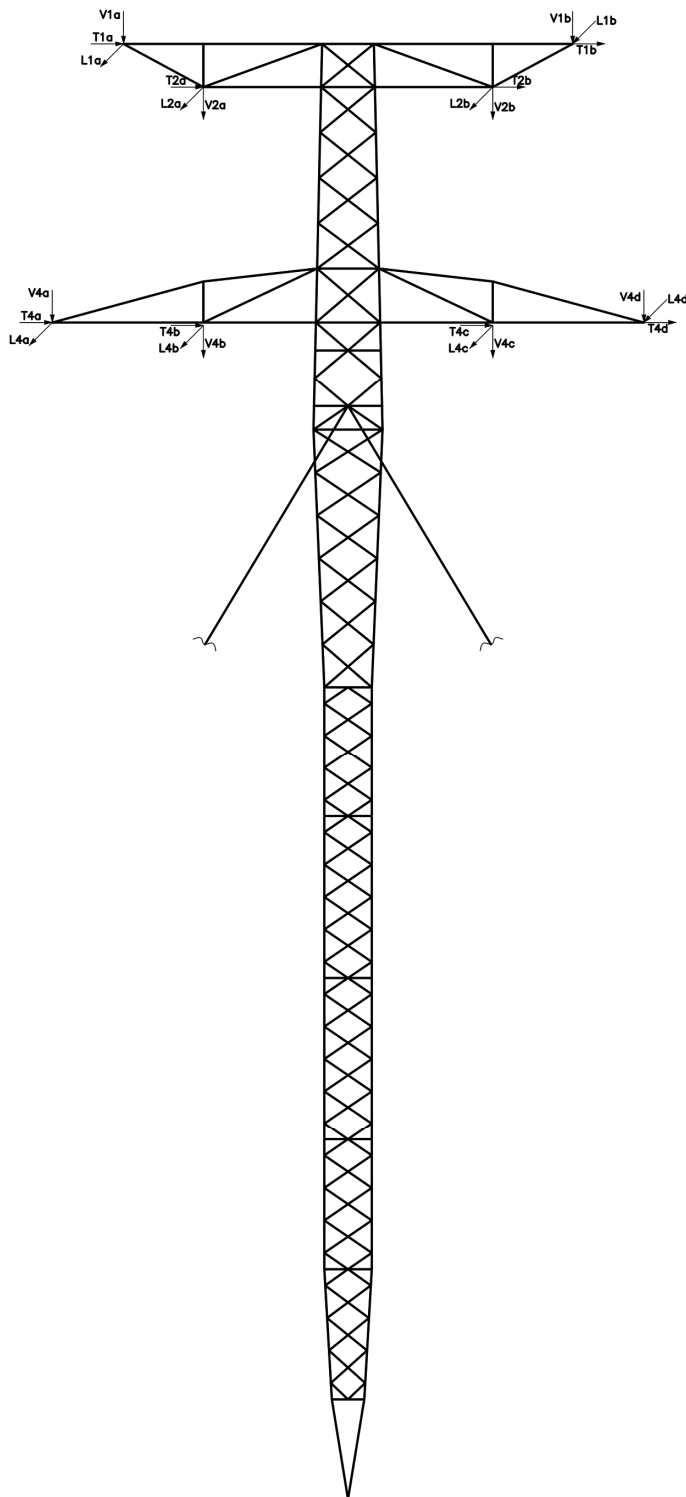
HIPÓTESE 6D - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	1932	-	1932
V2a	-	-	-
V2b	10130	-	10130
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	10130	-	10130
V4d	10130	-	10130
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	111	-	111
T2a	-	-	-
T2b	557	-	557
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	557	-	557
T4d	557	-	557
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	191	-	191
L2a	-	-	-
L2b	963	-	963
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	963	-	963
L4d	963	-	963

11.1.3 TESTE N° 3 - HIPÓTESE 5D



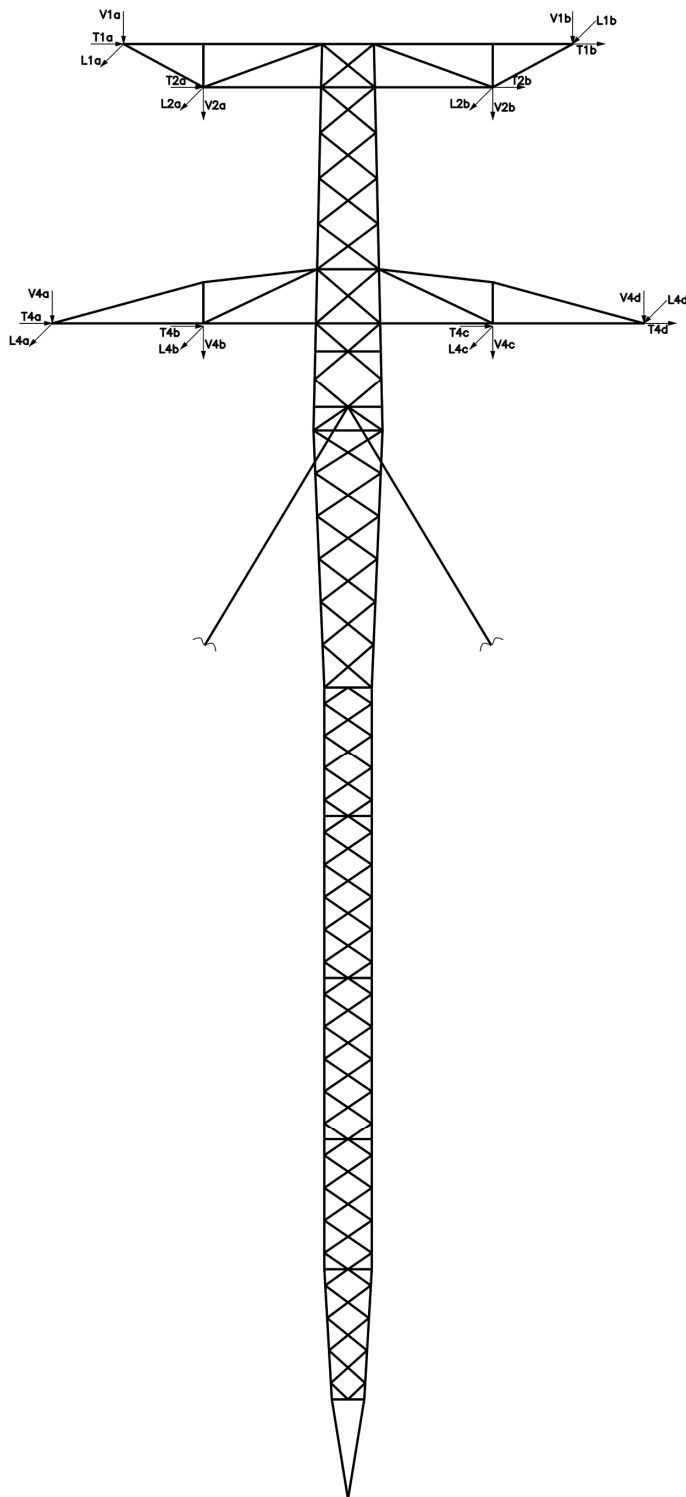
HIPÓTESE 5D - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	651	-	651
V2a	-	-	-
V2b	5027	-	5027
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	29	-	29
T2a	-	-	-
T2b	297	-	297
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	297	-	297
T4d	297	-	297
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	2111	-	2111
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	-	-	-

11.1.4 TESTE N° 4 - HIPÓTESE 4Ds



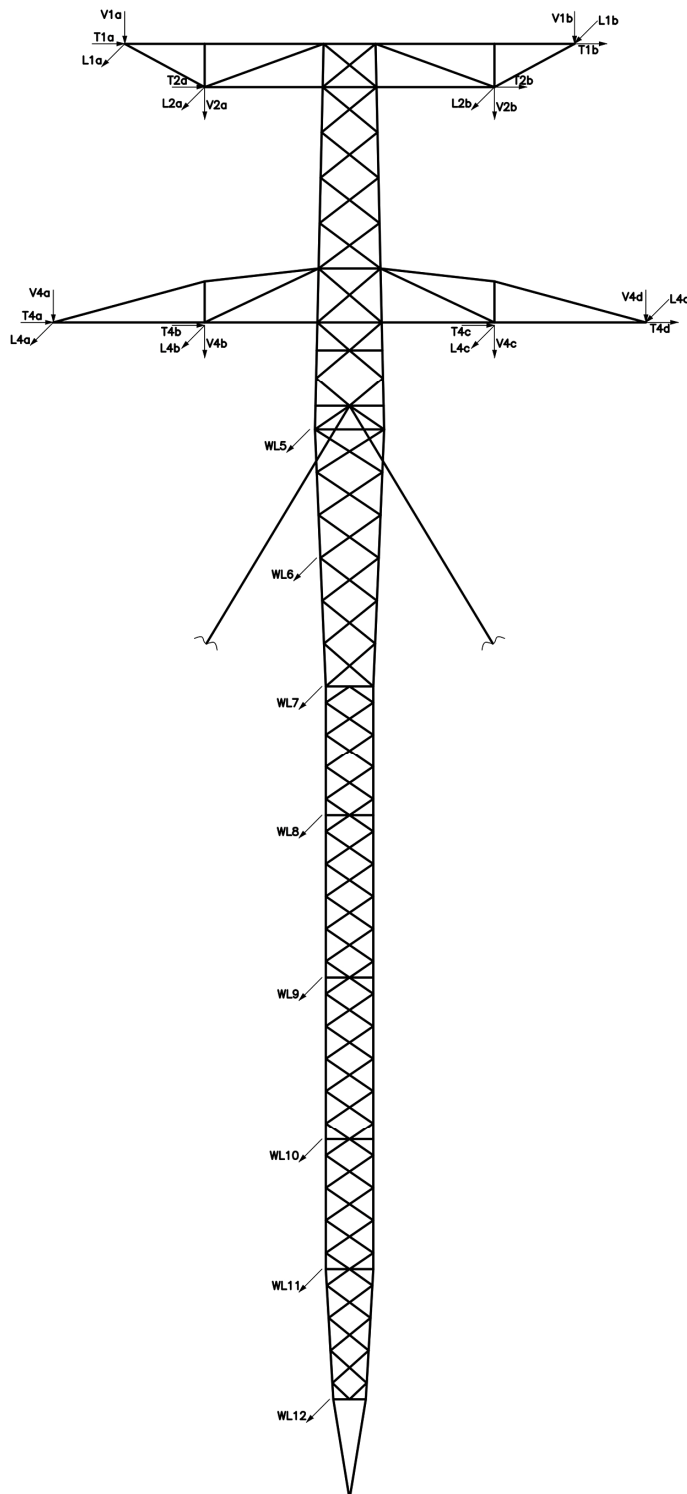
HIPÓTESE 4Ds - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	928	-	928
V2a	-	-	-
V2b	3581	-	3581
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	59	-	59
T2a	-	-	-
T2b	149	-	149
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	297	-	297
T4d	297	-	297
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	5958	-	5958
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	-	-	-

11.1.5 TESTE N° 5 - HIPÓTESE 4Dm



HIPÓTESE 4Dm - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	928	-	928
V2a	-	-	-
V2b	5027	-	5027
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	5027	-	5027
V4d	3581	-	3581
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	59	-	59
T2a	-	-	-
T2b	297	-	297
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	297	-	297
T4d	149	-	149
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	5958	-	5958

11.1.6 TESTE N° 6 - HIPÓTESE 8D



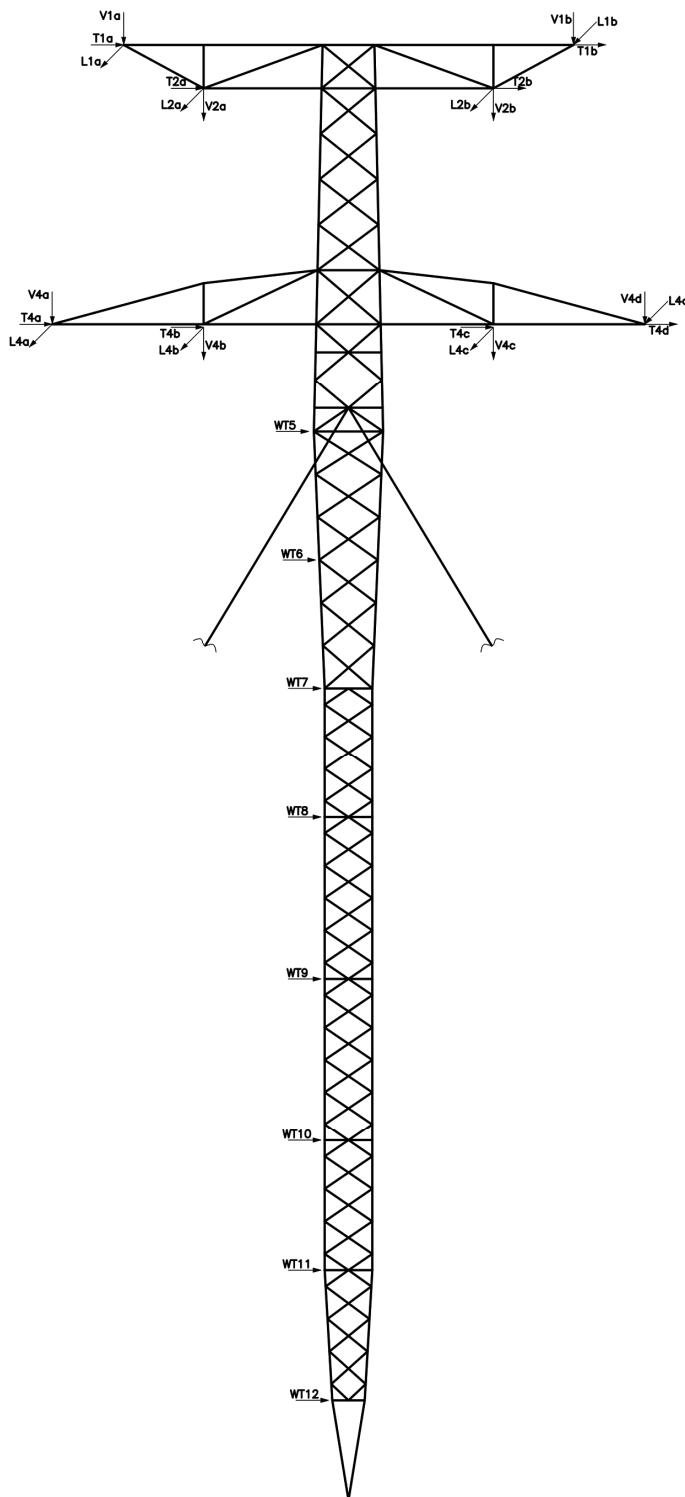
HIPÓTESE 8D - Cargas (kgf)

Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	928	-	928
V2a	-	-	-
V2b	5027	-	5027
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	73	-	73
T2a	-	-	-
T2b	383	-	383
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	383	-	383
T4d	383	-	383
Cargas Longitudinais			
L1a	-	1278/2	639
L1b	-	1278/2	639
L2a	-	1995/2+289	1287
L2b	160	1995/2+289	1447
L4a	-	2734/4+486+25	1195
L4b	-	2734/4+486+25	1195
L4c	160	2734/4+486+25	1355
L4d	160	2734/4+486+25	1355
WL5	-	1588+349	1937
WL6	-	1263	1263
WL7	-	1170	1170
WL8	-	1215	1215
WL9	-	1300	1300
WL10	-	1174	1174
WL11	-	979	979
WL12	-	639	639

Notas:

- a) As cargas de vento na estrutura dos níveis 1, 2 e 4 foram divididas igualmente entre os pontos L1a e L1b (nível 1), L2a e L2b (nível 2) e L4a, L4b, L4c e L4d (nível 4), respectivamente.
- b) A carga de vento na estrutura do nível 3 foi dividida proporcionalmente entre os pontos L2a e L2b (nível 2) e L4a, L4b, L4c e L4d (nível 4).
- c) A carga de vento na ponta superior dos estais foi dividida proporcionalmente entre os pontos L4a, L4b, L4c e L4d (nível 4) e WL5 (nível 5).

11.1.7 TESTE N° 7 - HIPÓTESE 1



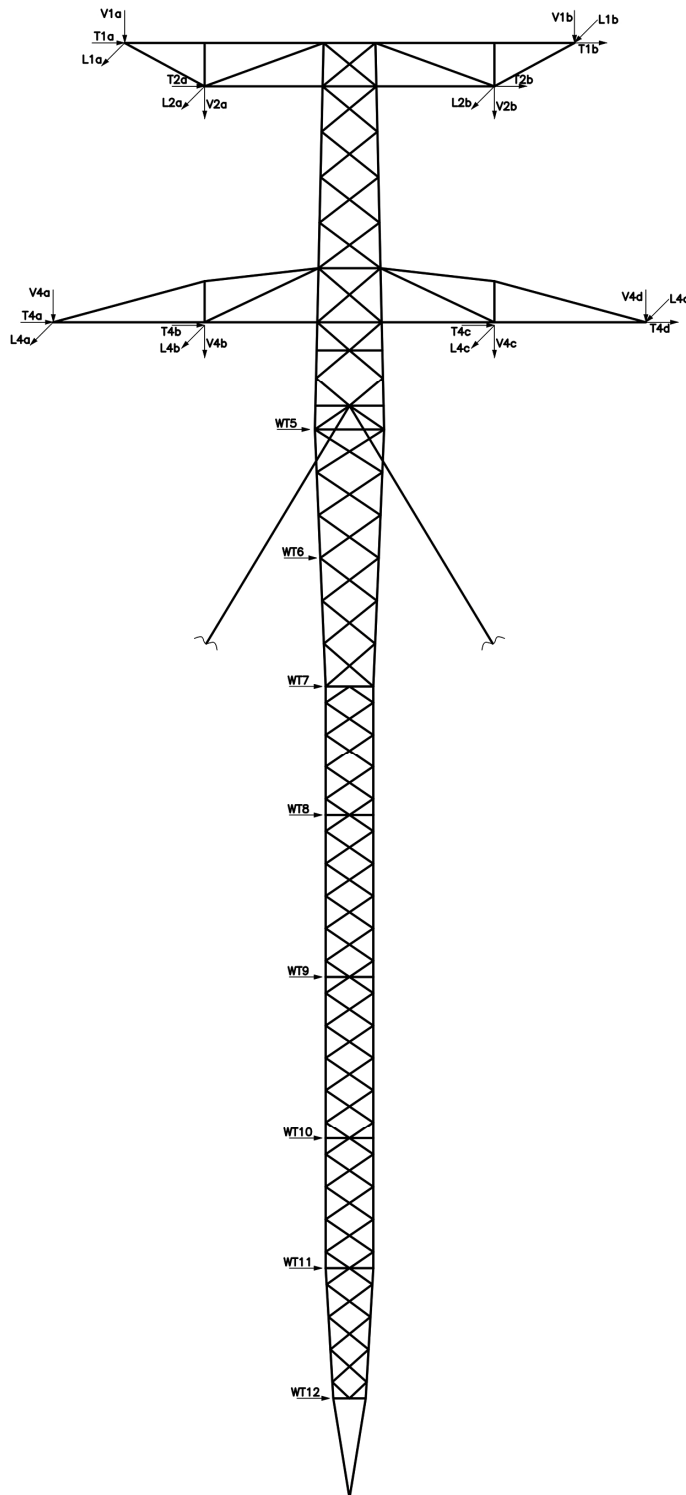
HIPÓTESE 1 - Cargas (kgf)

Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	928	-	928
V1b	928	-	928
V2a	5027	-	5027
V2b	5027	-	5027
V4a	5027	-	5027
V4b	5027	-	5027
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	1190	554/2	1467
T1b	1190	554/2	1467
T2a	7396	1293/2+163	8206
T2b	7396	1293/2+163	8206
T4a	7396	1508/4+274+24	8071
T4b	7396	1508/4+274+24	8071
T4c	7396	1508/4+274+24	8071
T4d	7396	1508/4+274+24	8071
WT5	-	1378+343	1721
WT6	-	1041	1041
WT7	-	927	927
WT8	-	926	926
WT9	-	951	951
WT10	-	820	820
WT11	-	687	687
WT12	-	468	468
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	-	-	-

Notas:

- a) As cargas de vento na estrutura dos níveis 1, 2 e 4 foram divididas igualmente entre os pontos T1a e T1b (nível 1), T2a e T2b (nível 2) e T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4), respectivamente.
- b) A carga de vento na estrutura do nível 3 foi dividida proporcionalmente entre os pontos T2a e T2b (nível 2) e T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4).
- c) A carga de vento na ponta superior dos estais foi dividida proporcionalmente entre os pontos T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4) e WT5 (nível 5).

11.1.8 TESTE N° 8 - HIPÓTESE 1X



HIPÓTESE 1X - Cargas (kgf)

Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	928	-	928
V1b	928	-	928
V2a	5027	-	5027
V2b	5027	-	5027
V4a	5027	-	5027
V4b	5027	-	5027
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	1190	554/2	1467
T1b	1190	554/2	1467
T2a	7396	1293/2+163	8206
T2b	7396	1293/2+163	8206
T4a	7396	1508/4+274+9	8056
T4b	7396	1508/4+274+9	8056
T4c	7396	1508/4+274+9	8056
T4d	7396	1508/4+274+9	8056
WT5	-	496+124	620
WT6	-	375	375
WT7	-	334	334
WT8	-	333	333
WT9	-	342	342
WT10	-	295	295
WT11	-	247	247
WT12	-	168	168
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	-	-	-

Notas:

- As cargas de vento na estrutura dos níveis 1, 2 e 4 foram divididas igualmente entre os pontos T1a e T1b (nível 1), T2a e T2b (nível 2) e T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4), respectivamente.
- A carga de vento na estrutura do nível 3 foi dividida proporcionalmente entre os pontos T2a e T2b (nível 2) e T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4).
- A carga de vento na ponta superior dos estais foi dividida proporcionalmente entre os pontos T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4) e WT5 (nível 5).

12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÃO DO MASTRO

-1-

CANTAREIRA - LT 500 kV C.D. - TORRE TIPO CEL - H=49.5m

CARGAS SOBRE FUNDACAO

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

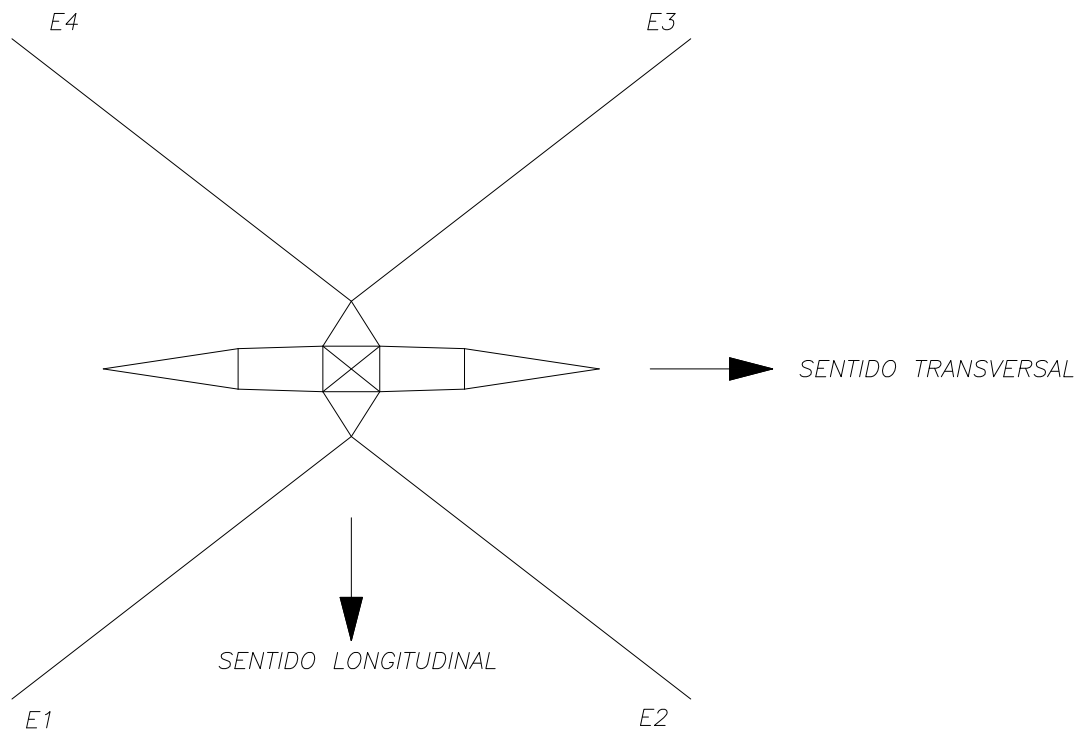
NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
 - * V - indica forza vertical.
 - * T - indica forza horizontal transversal que atua com V.
 - * L - indica forza horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forza V, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 1	T =	-8233	V =	-162771	L =	0
Hip.= 1X	T =	-9857	V =	-157522	L =	0
Hip.= 8D	T =	-3159	V =	-76277	L =	4315
Hip.= 6D	T =	-6310	V =	-96779	L =	-152
Hip.= 11D	T =	-4581	V =	-88599	L =	-243
Hip.= 4Dm	T =	-2697	V =	-80620	L =	143

13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS



ESTAI HIPÓTESE	E1	E2	E3	E4
11D	2249	11789	5009	27599
6D	9060	8834	5433	21844
5D	8993	11231	8541	18908
4Ds	3183	10930	9255	24542
4Dm	0	19316	4774	31268
8D	2935	0	19580	25648
1	68271	0	0	68271
1X	64964	0	0	64964