

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS TORRES DE
TELECOMUNICACIÓN PARA ANTENAS DE ÚLTIMA
TECNOLOGÍA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

APOLO SÓCOLA CARLOS GUSTAVO

carlos.apolo1990@gmail.com

CANGÁS HERRERA WILSON ORLANDO

wilsoncangas@hotmail.com

DIRECTOR: ING. MDI. BALDEÓN VALENCIA CARLOS OSWALDO

carlos.baldeon@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. CELY VELEZ BOLIVAR MAURICIO

mauricio.cely@epn.edu.ec

Quito, Julio 2014

DECLARACIÓN

Nosotros, APOLO SÓCOLA CARLOS GUSTAVO y CANGÁS HERRERA WILSON ORLANDO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Apolo Sócola Carlos Gustavo

Cangás Herrera Wilson Orlando

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por APOLO SÓCOLA CARLOS GUSTAVO y CANGÁS HERRERA WILSON ORLANDO, bajo nuestra supervisión.

Ing. MDI. Baldeón Valencia Carlos Oswaldo

DIRECTOR

Ing. Cely Velez Bolivar Mauricio

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme la fortaleza y valor necesarios para llegar a cumplir esta meta que con tanto esfuerzo y dedicación he alcanzado.

Agradezco a mis padres quienes han sabido ser mis guías y ya que gracias a su gran esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional durante todo este período de estudio me han permitido cumplir una meta más de superación profesional.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional, director, codirector y profesores de la facultad de Ingeniería Mecánica ya que gracias a sus sólidos conocimientos me han sabido guiar por el camino del profesionalismo.

Carlos Apolo

A mis padres, que gracias a su esfuerzo y confianza han logrado guiarme correctamente en mi vida haciendo posible cumplir esta meta.

A mis hermanos especialmente a Vinicio, que supo aconsejarme y apoyarme en todo momento haciendo posible culminar mi carrera.

A mi cuñada Geovanna y mi sobrino Mateo que diariamente depositaron su confianza en mí dándome fuerza para seguir adelante.

A la Escuela Politécnica Nacional, a mis compañeros y amigos que juntos vivimos el orgullo de ser politécnicos y el sueño de ser ingenieros.

Wilson Cangás

DEDICATORIA

Con infinito cariño y amor a mi familia y de manera muy especial a mis padres a quienes admiro ya que me han sabido forjar y guiar por el sendero del bien, y enseñado a ser responsable no solo en la vida cotidiana sino también en la vida profesional.

Carlos Apolo

A mis padres y hermanos que gracias a sus conocimientos, consejos y experiencia supieron guiarme y apoyarme en mi camino escogido, y que gracias a ellos he logrado culminar con esfuerzo y responsabilidad, convirtiéndome así en una persona de bien.

Wilson Cangás

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1	1
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1. TIPOS DE TORRES	1
1.1.1. TORRE MONOPOLO	2
1.2. TORRES DE TELECOMUNICACIÓN Y SU CLASIFICACIÓN	2
1.2.1. SEGÚN LAS ACCIONES ESTRUCTURALES	3
1.2.2. SEGÚN LA SECCIÓN TRANSVERSAL	5
1.2.3. SEGÚN LA SECCIÓN DEL MATERIAL	7
1.3. TORRES AUTOSOPORTADAS	7
1.3.1. TORRES AUTOSOPORTDAS ANGULARES	9
1.3.2. TORRES AUTOSOPORTDAS TUBULARES	9
1.4. TORRES ATIRANTADAS	10
1.5. CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	12
1.5.1. MATERIALES	12
1.5.2. PROPIEDADES MECÁNICAS	12
1.5.3. FRACTURA DEL MATERIAL	14
1.5.4. ACEROS ESTRUCTURALES	16
1.5.5. CABLES ESTRUCTURALES	18
1.5.6. CARGAS	21
1.5.7. CARGAS DE VIENTO	21
1.5.9. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL CORTANTE BASAL	30
1.5.10. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	35
1.5.12. DISEÑO DE ELEMENTOS LAMINADOS EN CALIENTE (AISC)	39
1.5.13. DISEÑO DE ELEMENTOS CONFORMADOS EN FRIO (AISI)	48
1.5.14. DISEÑO DE JUNTAS EMPERNADAS (AISC)	49
1.6. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	56
1.6.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA Y SU DISTRIBUCIÓN	56
1.6.2. DETERMINACION DE LAS CARGAS	56
1.6.3. DETERMINACIÓN DE MOMENTOS Y FUERZAS INTERNAS	56
1.6.4. DIMENSIONAMIENTO DE MIEMBROS Y CONEXIONES	56

1.6.5. REVISIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.....	57
1.6.6. REVISIÓN FINAL.....	57
CAPITULO 2.....	58
2. INVENTARIO.....	58
2.1. TORRES AUTOSOPORTADAS.....	58
2.2. TORRES ATIRANTADAS.....	59
2.3. ANTENAS DE TELECOMUNICACIÓN.....	59
2.4. TIPOS DE ANTENAS.....	61
2.4.1. ANTENAS ALÁMBRICAS.....	61
2.4.2. ANTENAS DE APERTURA Y REFLECTORES.....	62
2.5. COBERTORES PARA ANTENAS.....	62
2.6. APLICACIONES.....	63
2.6.1. ANTENAS OMNIDIRECCIONAL.....	63
2.6.2. ANTENAS SECTORIALES.....	63
2.6.3. ANTENAS YAGI.....	63
2.6.4. ANTENAS PANEL PLANO.....	64
2.6.5. ANTENAS PARABÓLICAS.....	65
CAPÍTULO 3.....	66
3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LAS TORRES TIPO.....	66
3.1. SELECCIÓN DE LA TORRE TIPO AUTOSOPORTADA.....	66
3.1.1. ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN.....	66
3.1.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	66
3.2. SELECCIÓN DE LA TORRE TIPO ATIRANTADA.....	71
3.2.1. ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN.....	71
3.3. CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LAS TORRES.....	76
3.3.1. ANÁLISIS DE CARGAS.....	76
3.3.2. COMBINACIONES DE CARGAS.....	98
CAPITULO 4.....	99
4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS TORRES TIPO.....	99

4.1. SELECCIÓN DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES PARA LA TORRE AUTOSOPORTADA Y ATIRANTADA.....	99
4.1.1. CANALES “UV”	99
4.1.2. ÁNGULO “L” DOBLADO	100
4.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	101
4.2.1. TORRE AUTOSOPORTADA ANALIZADA POR SAP2000.....	102
4.2.2. VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD.....	102
4.3. ANÁLISIS DE DEFLEXIONES	105
4.4. ÍNDICES DE TRABAJO	109
4.5. VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	112
4.5.1. ANÁLISIS DEL ELEMENTOS A TRACCIÓN	112
4.5.2. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EN COMPRESIÓN.....	114
4.5.3. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EN FLEXIÓN.....	116
4.5.4. ESFUERZOS COMBINADOS	119
4.5.5. ANÁLISIS DE MIEMBROS CONFORMADOS EN FRÍO.....	119
4.5.6. DISEÑO DE JUNTAS EMPERNADAS.....	123
CAPÍTULO 5.....	128
5. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TORRES DE TELECOMUNICACIÓN.....	128
5.1. PROFESIONALES RESPONSABLES	128
5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS DE DISEÑO	129
5.3. PLANOS DE TALLER	129
5.4. PLANOS DE MONTAJE.....	130
5.5. PLANOS AS BUILT	131
5.6. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN.....	131
5.6.1. PROCESO DE CORTE, PERFORACIÓN Y/O PUNZONADO.....	132
5.6.1. CORTE TÉRMICO	132
5.6.2. OTROS PROCESOS DE CORTE.....	134
5.6.2. PROCESO DE GALVANIZADO	136
5.6.3. PROCESO DE PINTURA.....	138
5.6.4. PROCEDIMINETO DE MONTAJE	139

5.6.5. ELABORACIÓN DE MATRICES PARA LAS CONEXIONES DE LA TORRE.....	146
5.6.6. INSTALACIÓN DE EQUIPOS	149
5.6.7. RECOMENDACIONES IMPORTANTES	151
CAPITULO 6	152
6. ANÁLISIS DE COSTOS.....	152
6.1. INTRODUCCIÓN	152
6.2. MATERIA PRIMA.....	152
6.2. MANO DE OBRA DIRECTA.....	154
6.3. TRATAMIENTO SUPERFICIAL	155
6.4. MAQUINARIA, EQUIPOS Y CONSUMIBLES	155
6.5. COSTOS VARIOS.....	156
6.6. COSTOS TOTALES.....	157
CAPITULO 7	159
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	159
7.1. CONCLUSIONES	159
7.2. RECOMENDACIONES	160
BIBLIOGRAFÍA	161
CITAS WEB	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Torre de telecomunicación	1
Figura 1.2: Torre tipo monopolo	2
Figura 1.3: Torre de telecomunicación autosoportada	3
Figura 1.4: Torre autosoportada.....	4
Figura 1.5: Torre atirantadas.....	4
Figura 1.6: Torre monopolo.....	5
Figura 1.7: Torres de sección: a) Cuadrada, b) Triangular, c) Hexagonal.....	6
Figura 1.8: Torre angular.....	7
Figura 1.9: Torre hibrida.....	7
Figura 1.10: Torre autosoportada.....	8
Figura 1.11: Torre autosoportada angular.....	9
Figura 1.12: Torre autosoportada tubular.....	10
Figura 1.13: Torre atirantada.....	11
Figura 1.14: Curva esfuerzo-deformación	13
Figura 1.15: Curva parcial esfuerzo deformación para el acero A-36	13
Figura 1.16: Mecanismo de la fractura dúctil.....	15
Figura 1.17: Mecanismo de la fractura frágil (Clivaje)	15
Figura 1.18: Condiciones básicas de fatiga por esfuerzos	16
Figura 1.19: Componentes básicos cables estructural.....	18
Figura 1.20: Identificación cables estructural	21
Figura 1.21: Fuerza de viento sobre riendas.....	26
Figura 1.22: (a) Fuerza de viento paraboloides y rejillas, (b) con radomos.....	27
Figura 1.23: Fuerza de viento en paraboloides con protectores cilíndricos.....	28
Figura 1.24: Fuerza de viento en paraboloides con protectores.....	28
Figura 1.25: Fuerzas del viento en reflectores pasivos de placa plana.....	29
Figura 1.26: Longitud efectiva de columnas.....	41
Figura 1.27: Factor de longitud efectiva para mineros principales	42
Figura 1.28: Tensiones de diseño	43
Figura 1.29: Perno de alta resistencia.....	49
Figura 1.30: Espaciamientos entre pernos y bordes	51
Figura 2.1: Antena de telecomunicación	60

Figura 2.2: Antena alámbrica	61
Figura 2.3: Antena de apertura.....	62
Figura 2.4: Cobertores para antenas de telecomunicación	62
Figura 2.5: Antena omidireccional	63
Figura 2.6: Antena YAGI	64
Figura 2.7: Antena panel plano	64
Figura 2.8: Antena parabólica	65
Figura 3.1: Perfiles de la torre autoportada	68
Figura 3.2: Equipos existentes en la torre autoportada	69
Figura 3.3: Torre autoportada seleccionada	70
Figura 3.4: Perfiles de la torre atirantada	73
Figura 3.5: Equipos existentes en la torre atirantada	74
Figura 3.6: Torre atirantada seleccionada	75
Figura 3.7: Carga muerta	76
Figura 3.8: Carga de seguridad, torre autoportada.....	79
Figura 3.9: Carga de seguridad, torre atirantada.....	80
Figura 3.10: Peso de las antenas, torre autoportada.....	81
Figura 3.11: Peso de las antenas, torre atirantada.....	82
Figura 3.12: Carga viva, torre autoportada.....	88
Figura 3.13: Carga viva, torre atirantada.....	89
Figura 3.14: Carga de viento sobre antenas, torre autoportada	90
Figura 3.15: Carga de viento sobre antenas, torre atirantada	91
Figura 3.16: Estado de carga del viento sobre la estructura	92
Figura 3.17: Estado de carga de sismo.....	95
Figura 3.18: Estados de carga	96
Figura 3.19: Casos de carga; torre autoportada	96
Figura 3.20: Casos de carga; torre atirantada	97
Figura 3.21: Caso de carga muerta D	97
Figura 3.22: Combinaciones de carga.....	98
Figura 4.1: Canales UV	99
Figura 4.2: Base triangular formada con canales UV	100
Figura 4.3: Ángulos	100

Figura 4.4: Ángulos	101
Figura 4.5: Base inferior de lados iguales de 6450 mm	102
Figura 4.6: Propiedades de la base inferior.....	103
Figura 4.7: Base superior de lados iguales de 1410 mm	104
Figura 4.8: Propiedades de la base superior.....	104
Figura 4.9: Deriva, torre autosoportada.....	107
Figura 4.10: Deriva, torre atirantada.....	108
Figura 4.11: Índices, torre autosoportada.....	110
Figura 4.12: Índices, torre atirantada.....	111
Figura 4.13: Elemento a tracción, frame 242.....	112
Figura 4.14: Carga axial frame 242	114
Figura 4.15: Diagrama cortante y de momento del frame 242	117
Figura 4.16: Canal UV10.....	121
Figura 4.17: Carga axial Frame 769.....	122
Figura 5.1: Proceso de corte y perforado	132
Figura 5.2: Oxyfuel gas cutting (Oxicorte)	133
Figura 5.3: Corte por plasma.....	133
Figura 5.4: Corte por arranque de viruta	134
Figura 5.5: Corte por flujo de agua.....	135
Figura 5.6: Corte por láser	135
Figura 5.7: Proceso de galvanizado	136
Figura 5.8: Pintura según Normativa ICAO	139
Figura 5.9: Montaje de estructuras tipo torre.....	139
Figura 5.10: Detalle orientativo del tensado	142
Figura 5.11: Montaje con grúa en terreno plano.....	142
Figura 5.12: Parte activa del cable	143
Figura 5.13: Anclajes.....	143
Figura 5.14: Anclajes en terreno, débil y fuerte	144
Figura 5.15: Anclaje de fácil fabricación.....	145
Figura 5.16: Anclaje para roca blanda y dura.....	145
Figura 5.17: Matrices para conexiones de torre	149
Figura 5.18: Personal realizando las diferentes operaciones en torres.....	150
Figura 5.19: Personal instalando antena	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Propiedades mecánicas de aceros estructurales al carbono	17
Tabla 1.2: Propiedades mecánicas de aceros de alta resistencia y baja aleación	17
Tabla 1.3: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura	32
Tabla 1.4: Tipo de suelo y factores de sitio F_a	33
Tabla 1.5: Tipo de suelo y factores de sitio F_d	33
Tabla 1.6: Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico	33
Tabla 1.7: Factor de reducción de respuesta R	35
Tabla 1.8: Factor de corte diferido.....	38
Tabla 1.9: Curvas de esbeltez efectiva	42
Tabla 1.10: Pretensión mínima de pernos.....	50
Tabla 1.11: Dimensiones de agujero nominal	50
Tabla 1.12: Distancia mínima al borde	52
Tabla 2.1: Torres autosoportadas	59
Tabla 2.2: Torres atirantadas	59
Tabla 2.3: Dimensiones y pesos de antenas de telecomunicación	61
Tabla 3.1: Alternativas de selección torre autosoportada.....	66
Tabla 3.2: Criterios de selección torre autosoportada	66
Tabla 3.3: Valores de importancia para criterios y alternativas, autosoportada ...	67
Tabla 3.4: Tabla normalizada torre autosoportada.....	67
Tabla 3.5: Índices relativos de importancia torre autosoportada	67
Tabla 3.6: Alternativas de selección torre atirantada.....	71
Tabla 3.7: Criterios de selección torre atirantada	71
Tabla 3.8: Valores de importancia para criterios y alternativas torre atirantada...	71
Tabla 3.9: Tabla normalizada torre atirantada.....	72
Tabla 3.10: Índices relativos de importancia torre atirantada	72
Tabla 3.11: Antenas en torre autosoportada	78
Tabla 3.12: Antenas en torre atirantada	78
Tabla 3.13: Fuerza de viento sobre antenas en torre autosoportada	86
Tabla 3.14: Fuerza de viento sobre antenas en torre atirantada	87
Tabla 4.1: Deflexiones máximas, torre autosoportada	106

Tabla 4.2: Deflexiones máximas, torre atirantada	106
Tabla 4.3: Índices, torre autoportada	109
Tabla 4.4: Índices, torre atirantada	109
Tabla 4.5: Resumen: resistencia admisible a la compresión, tracción, y flexión	118
Tabla 4.6: Resumen de los valores calculados por el programa SAP2000	119
Tabla 4.7: Perfiles de catálogo	121
Tabla 4.8: Diseño de pernos; torre autoportada	125
Tabla 4.9: Diseño de pernos; torre atirantada	126
Tabla 6.1: Peso, torre autoportada	152
Tabla 6.2: Peso, torre atirantada	153
Tabla 6.3: Lista de materiales, torre autoportada	153
Tabla 6.4: Lista de materiales, torre	154
Tabla 6.5: Costo de la Perfilaría	154
Tabla 6.6: Costo Pernos	154
Tabla 6.7: Costo mano de obra directa	155
Tabla 6.8: Tratamiento Superficial	155
Tabla 6.9: Costo Maquinaria y equipos	156
Tabla 6.10: Costo Consumibles	156
Tabla 6.11: Costo varios	157
Tabla 6.12: Costo totales, torre autoportada	157
Tabla 6.13: Costo totales, torre atirantada	158

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. (1.1).....	22
Ec. (1.2).....	23
Ec. (1.3).....	23
Ec. (1.4).....	23
Ec. (1.5).....	23
Ec. (1.6).....	24
Ec. (1.7).....	24
Ec. (1.8).....	24
Ec. (1.9).....	24
Ec. (1.10).....	25
Ec. (1.11).....	25
Ec. (1.12).....	25
Ec. (1.13).....	25
Ec. (1.14).....	29
Ec. (1.15).....	29
Ec. (1.16).....	29
Ec. (1.17).....	30
Ec. (1.18).....	30
Ec. (1.19).....	31
Ec. (1.20).....	34
Ec. (1.21).....	34
Ec. (1.22).....	34
Ec. (1.23).....	36
Ec. (1.24).....	36
Ec. (1.25).....	37
Ec. (1.26).....	39
Ec. (1.27).....	39
Ec. (1.28).....	39
Ec. (1.29).....	43
Ec. (1.30).....	43

Ec. (1.31).....	43
Ec. (1.32).....	44
Ec. (1.33).....	44
Ec. (1.34).....	44
Ec. (1.35).....	45
Ec. (1.36).....	45
Ec. (1.37).....	45
Ec. (1.38).....	45
Ec. (1.39).....	45
Ec. (1.40).....	46
Ec. (1.41).....	46
Ec. (1.42).....	46
Ec. (1.43).....	47
Ec. (1.44).....	47
Ec. (1.45).....	47
Ec. (1.46).....	48
Ec. (1.47).....	48
Ec. (1.48).....	48
Ec. (1.49).....	48
Ec. (1.50).....	48
Ec. (1.51).....	53
Ec. (1.52).....	54
Ec. (1.53).....	54
Ec. (1.54).....	55
Ec. (1.55).....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PERFILES DE DISEÑO	163
ANEXO B: COEFICIENTES PARA CALCULAR LA FUERZA DE VIENTO	167
ANEXO C: DATOS INAMHI	174
ANEXO D: COEFICIENTES DE FUERZA.....	177
ANEXO E: INVENTARIO	179

CAPITULO 1

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. TIPOS DE TORRES

En la actualidad existen diferentes estructuras tipo torres, cuya selección de cada una de ellas será en función de las necesidades y las condiciones de su ubicación, las torres más comúnmente utilizadas pueden ser las siguientes:

- Monopolo
- Torres autosoportadas
- Torres atirantadas

Dichas torres que se muestran en la Figura 1.1, pueden ser de diferentes alturas según sean las necesidades, pueden estar configuradas en su totalidad por elementos estructurales en acero y ensambladas mediante juntas empernada, remachadas o soldadas.



Figura 1.1: Torre de telecomunicación¹

¹ http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001-156_sp/

1.1.1. TORRE MONOPOLO

Las torres tipo monopolos son postes cónicos huecos que pueden ser construidos con acero galvanizado y pueden ser de hasta 60 metros de altura. Debido a su geometría los costos de fabricación son elevados mientras que los costos de montaje menores.

Se utilizan sobre todo en entornos urbanos, donde hay poco espacio disponible para la base de la torre.



Figura 1.2: Torre tipo monopolo²

1.2. TORRES DE TELECOMUNICACIÓN Y SU CLASIFICACIÓN

Con el descubrimiento de las ondas electromagnéticas en siglo XIX por el físico escocés James Clerk Maxwell, hoy en día la telecomunicación es indispensables para el hombre, permitiendo diseñar sistemas que nos permiten la comunicación a largas distancias mediante la trasmisión y recepción de señales, para lo cual es indispensable el uso de estructuras tipo torre como medio de soporte (ver Figura 1.3) para los diferentes dispositivos de emisión y recepción de señales.

² <http://blogcomunicacionesmoviles.blogspot.com/2011/07/estacion-base-celular-ebc.html>



Figura 1.3: Torre de telecomunicación autoportada³

Existen una gran variedad de torres de telecomunicación que están basadas en diferentes criterios como: acción estructural, sección transversal y la sección del material usado, a continuación se detalla cada una de ellas.

1.2.1. SEGÚN LAS ACCIONES ESTRUCTURALES

Las acciones estructurales se consideran como el estado de carga de la torre por las cuales éstas se pueden clasificar en:

- Torres auto-soportadas
- Torres atirantadas
- Monopolo

³ Fuente: Apolo C.; Cangás W.



Figura 1.4: Torre autoportada⁴



Figura 1.5: Torre atirantadas⁵

⁴ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

⁵ Fuente: Apolo C.; Cangás W.



Figura 1.6: Torre monopolo⁶

1.2.2. SEGÚN LA SECCIÓN TRANSVERSAL

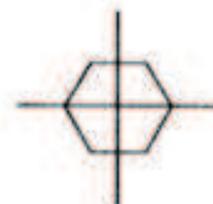
Tomando en cuenta parámetros como: áreas disponibles, altura máxima, equipos a ser instalados, entre otras, según sea el requerimiento la torres de telecomunicación pueden tener secciones como:

- Cuadradas o rectangulares
- Triangulares
- Hexagonal

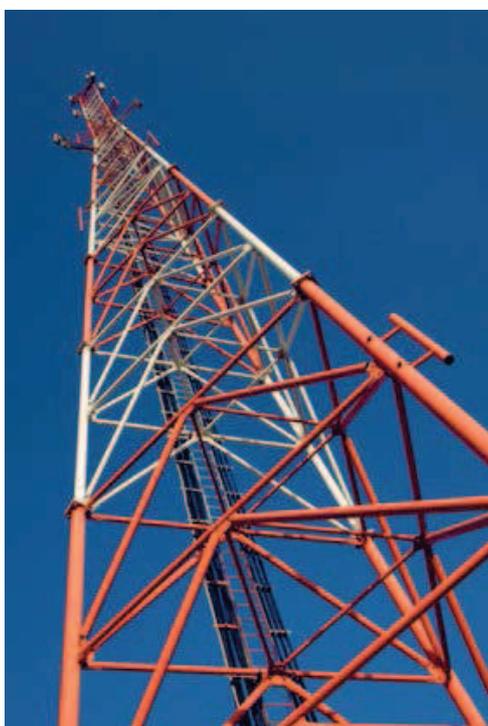
⁶ Fuente: Apolo C.; Cangás W.



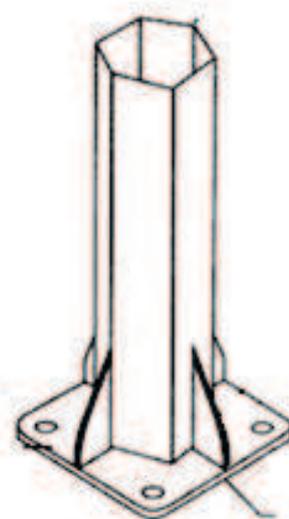
(a)



Detalle del tope



(b)



Detalle de la base

(c)

Figura 1.7: Torres de sección: a) Cuadrada, b) Triangular, c) Hexagonal⁷

Las torres de sección triangular son más ligeras que las demás, pero presentan menor resistencia a la torsión.

⁷ http://www.metalcoltda.com/Torres_Autosoportadas.html (a, b y c)

1.2.3. SEGÚN LA SECCIÓN DEL MATERIAL

Tomando en cuenta las secciones utilizadas para la fabricación, las torres pueden ser:

- Angulares
- Híbridos (Combinación de perfiles tubulares y ángulos)



Figura 1.8: Torre angular⁸



Figura 1.9: Torre híbrida⁹

Cuando los esfuerzos a los cuales se exponen la torre son relativamente bajos puede ser conveniente utilizar perfiles tubulares para su fabricación, ya que son más ligeros que los ángulos y presentar un mayor momento de inercia. Sin embargo su costo es mayor y sus conexiones presentan mayor grado de dificultad lo cual puede ser económicamente desfavorable al momento de la fabricación.

1.3. TORRES AUTOSOPORTADAS

Este tipo de torre es una estructura muy estable que tiene la característica de autoportar su propia masa, más las cargas adicionales que se requieran, su diseño estructural considera tanto la cargas de su propia masa, la masa de las

⁸ http://www.ingemaqbelo.com/productos/torres_autosoportadas.html

⁹ <http://spanish.alibaba.com/product-gs/lattice-steel-self-suppoorting-tubular-pipe-tower-309346049.html>

antenas, su forma y ubicación, la velocidad del viento, carga de sismo y en lugares específicos la variación de temperatura. Puede ser construida básicamente con tres o cuatro lados, con varilla maciza, tubos o ángulos sin la necesidad de elementos externos (Tensores), por lo cual necesita tener una buena cimentación que soporte las fuerzas que actúan sobre ella, son de mayor altura y más robustas que las torres atirantadas y es muy utilizada para antenas de telecomunicaciones en sitios en los que existen limitaciones de terreno para enlaces de datos de alta frecuencia.

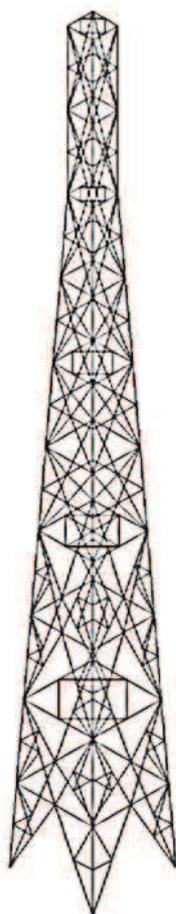


Figura 1.10: Torre autosoportada¹⁰

Existen varios tipos con ciertas variaciones en su diseño que busca satisfacer las necesidades específicas. Entre los tipos más comunes según la perfilaría utilizada en torres autosoportadas tenemos:

¹⁰ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

- Angulares
- Tubulares
- Combinados

1.3.1. TORRES AUTOSOPORTDAS ANGULARES

Se la denomina de esta forma ya que tanto las piernas, péndolas y diagonales son fabricados en ángulos de acero de dimensiones distintas según su ubicación, Son óptimas para estados de carga medianos y pesados y son muy aplicadas para antenas de celulares, redes troncales o concentradores de comunicaciones centrales.



Figura 1.11: Torre autosoportada angular¹¹

1.3.2. TORRES AUTOSOPORTDAS TUBULARES

Su característica principal es que sus piernas y refuerzos son fabricados con perfiles tubulares por lo que son más compactas, proporcionándole así mayor resistencia a cargas de gran magnitud y mayor nivel de resistencia al viento.

¹¹ Fuente: Apolo C.; Cangás W.



Figura 1.12: Torre autosoportada tubular¹²

1.4. TORRES ATIRANTADAS

Estas torres son modulares y de sección constante, también se las conoce como torres ventadas debido a que en su instalación se utiliza cables tensores que se denominan vientos y deben estar anclados a una distancia mínima de la tercera parte de la altura de la torre para mantener la verticalidad de la torre, evitando las rotaciones o deflexiones que pueden afectar la difusión de las señales, por este motivo ocupa mayor área, son mucho más ligeras y más económicas que las auto soportadas, pueden ser torres tubulares, escalonadas y de tipo celosía. Su sección puede ser triangular o cuadrada, si su sección es triangular utilizarán tres direcciones de viento cada 120° , si su sección es cuadrada utilizaran cuatro direcciones cada 90° , según la altura las triangulares utilizaran 3, 6 y 9 anclajes.

Se usan generalmente cuando hay disponibilidad de espacio, su costo es aproximadamente la mitad de la autosoportada, dependiendo del tipo de carga a soportar¹³.

¹² <http://crime-expertise.org/webographie-bibliographie>

¹³ <http://www.towertel.com.pe/torres-ventadas.php>

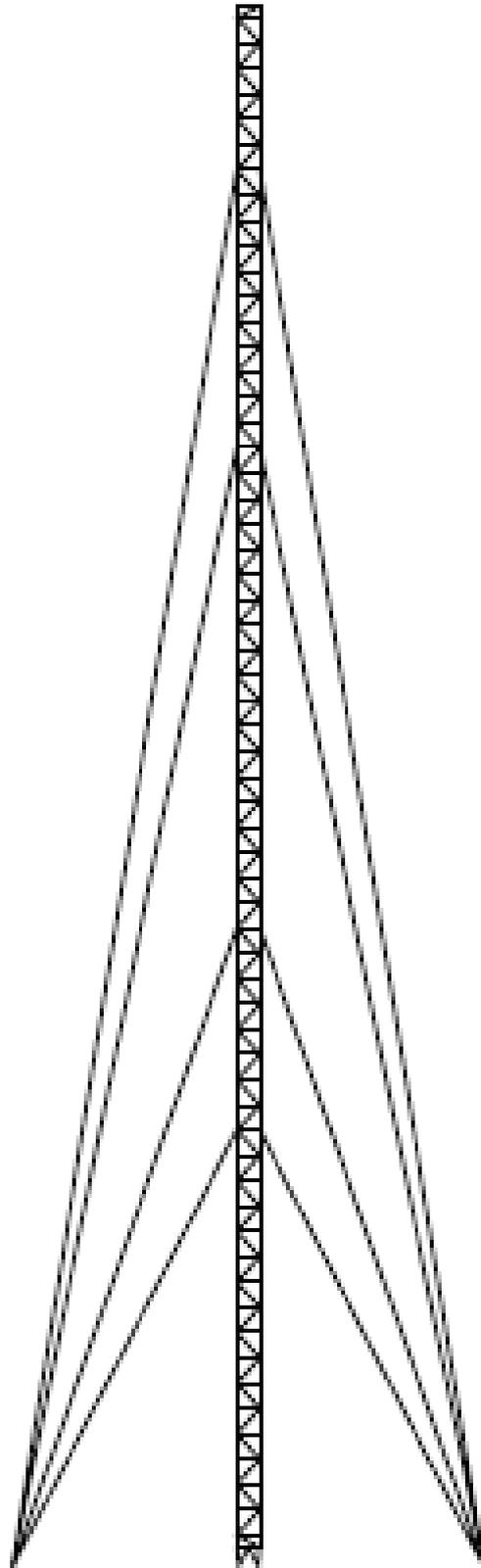


Figura 1.13: Torre atirantada¹⁴

¹⁴ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

1.5. CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE TORRES PARA TELECOMUNICACIÓN.

Los criterios mínimos para las especificaciones y el diseño de estructuras en acero tipo torres son tomadas de las Normas Estructurales para torres y estructuras de acero para antenas TIA/EIA-222-F edición de 1996, las misma que redirección a las normas y especificaciones que deben satisfacer el material, conexiones, diseño, etc. como la AISC, AISI, ASTM, entre otras.

1.5.1. MATERIALES

Uno de las partes más importantes que se debe tomar en cuenta en la construcción de estructuras metálica es el material, los avances en la metalurgia y fabricación de aceros de alta resistencia en los años de 1940 a 1950 han tenido diversas aplicaciones para el diseño de puentes y edificios con el objetivo de buscar aceros que soporten mayores cargas, con pesos reducidos y más resistentes a la corrosión.

El Instituto Americano de la Construcción de Acero (AISC) en las especificaciones adoptadas en noviembre de 1961, revisadas en abril de 1963 y codificados por la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM), incluye ya varios aceros de alta y baja aleación que son adoptados por agencias municipales, estatales y federales de los Estados Unidos dentro de los procedimientos de diseño.

Para el cálculo y diseño de los miembros estructurales de las torres de telecomunicación los materiales deben por lo menos cumplir una de las normas especificadas en la sección 1 “MATERIALES” de la Norma TIA/EIA-222-F edición de 1996.

1.5.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas de los materiales dependes de algunos factores tales como su composición química, procesos de laminación y el tratamiento térmico principalmente. Considerando para los fines prácticos que el comportamiento de material es similar a compresión y tracción siendo este último la prueba más sencilla las propiedades mecánicas se toman del diagrama esfuerzo deformación a tracción en la Figura 1.14 se presenta un diagrama típico esfuerzo-deformación del acero.

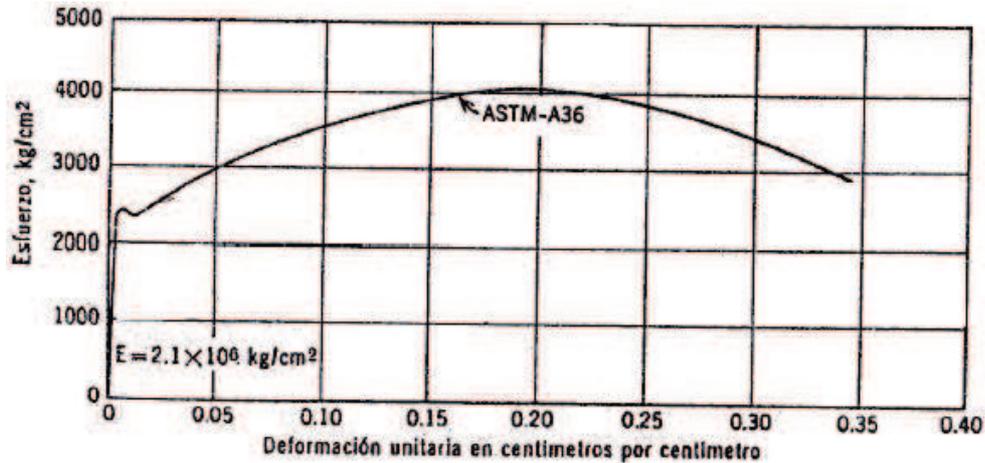


Figura 1.14: Curva esfuerzo-deformación para los valores mínimos especificados del acero A36¹⁵

ASTM-A36, en la cual se caracteriza por su zona inicial en la que esfuerzos y deformaciones tienen una relación lineal, seguida por una región plástica en donde hay deformaciones considerables sin incremento del esfuerzo y termina con una zona de endurecimiento debido a la deformación.

1.5.2.1. Punto de fluencia

Se define el punto de fluencia como el valor en cual el material presenta una gran deformación si aumento del esfuerzo, en el diagrama esfuerzo deformación se representa como la porción plana Figura 1.14.

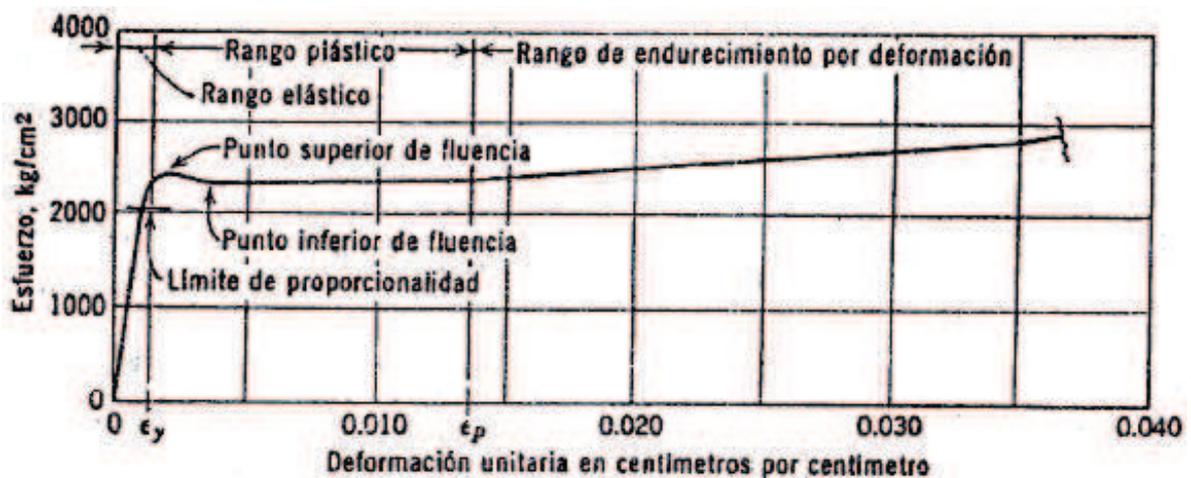


Figura 1.15: Curva parcial esfuerzo deformación para el acero A-36¹⁶

¹⁵ BRESLER B., T. Y. LIN, JHON B. SCALZI; Diseño de estructuras de acero; Limusa; Novena Edición; 1997; pág. 54

¹⁶ BRESLER B., T. Y. LIN, JHON B. SCALZI; Diseño de estructuras de acero; Limusa; Novena Edición; 1997; pág. 55

1.5.2.2. Resistencia a la fluencia

Se define la resistencia a la fluencia como un punto específico en el diagrama esfuerzo-deformación, que se lo localiza cruzando una paralela a la parte inicial (Zona elástica de la curva) desfasada una cantidad de 0.2% de deformación unitaria con la curva esfuerzo-deformación.

1.5.2.3. Límite de proporcionalidad

El límite de proporcionalidad está definido como el esfuerzo máximo en el cual el esfuerzo es directamente proporcional a la deformación.

1.5.2.4. Módulo de elasticidad

Se define el módulo de elasticidad como el valor de la pendiente de la curva esfuerzo-deformación en la región elástica.

1.5.2.5. Relación de Poisson

La relación de Poisson μ está definido como la relación entre la deformación unitaria transversal y la relación unitaria longitudinal, bajo una carga axial dada.

1.5.2.6. Resistencia al impacto

Es la capacidad que tiene el material para absorber energía bajo aplicaciones rápidas de carga.

1.5.3. FRACTURA DEL MATERIAL

Es de mucha importancia conocer el fenómeno general de falla de los materiales, pero desafortunadamente este fenómeno es muy complejo y no existe una teoría universal, en su lugar existen varias hipótesis que han venido siendo probadas a través de los años aceptándolas en la actualidad y caracterizándolas como teorías de falla.

El término “falla” tanto en estructuras metálicas de cascarón como reticular, es la presencia de deformaciones y deflexiones excesivas¹⁷, que produce la pérdida de la funcionalidad del elemento en su totalidad o en un porcentaje considerable.

¹⁷ BRESLER B., T. Y. LIN, JHON B. SCALZI; Diseño de estructuras de acero; Limusa; Novena Edición; 1997; pág. 81

1.5.3.1. Modos de fractura

Existen dos tipos de fractura, dúctil y frágil cuya determinación depende de un análisis minucioso de dicha fractura.

En la fractura dúctil se produce nucleación, crecimiento y coalescencia de micro poros (Figura 1.16) que se deforman plásticamente a lo largo de ciertos planos cristalográficos debido a fuerzas cortantes¹⁸, por otro lado la fractura frágil es consecuencia de la aplicación de fuerzas tensiles que producen clivaje (Separación directa de planos cristalográficos por rotura de enlaces ver Figura 1.17).

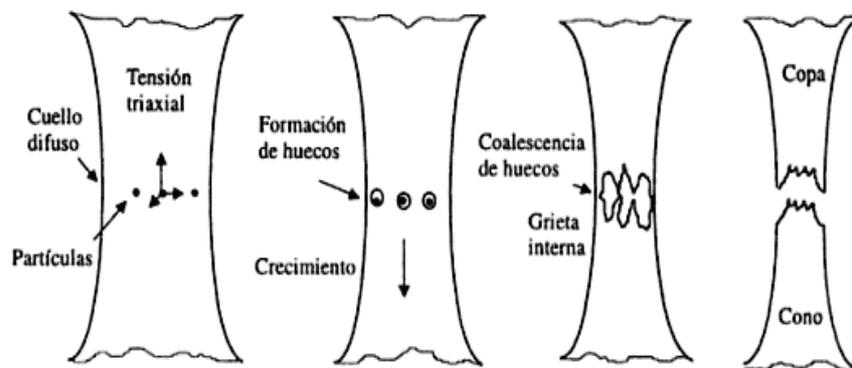


Figura 1.16: Mecanismo de la fractura dúctil¹⁹

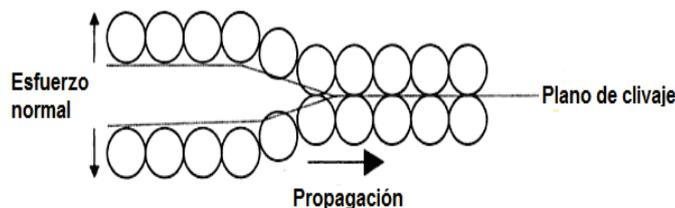


Figura 1.17: Mecanismo de la fractura frágil (Clivaje)²⁰

La fatiga de materiales es un fenómeno que origina la falla bajo esfuerzos repetidos o fluctuantes, con un valor máximo menor que la resistencia a la tensión o cedencia del material. Las fracturas por fatiga son progresivas, empezando como fisuras diminutas que crecen bajo la acción de los esfuerzos fluctuantes.²¹

¹⁸ SYDNEY H. AVNER; Introducción a la metalurgia física; McGraw-Hill; Segunda edición;1988; pág. 628

¹⁹ GONZALES J. L. ; Metalurgia Mecánica; Limusa; Primera Edición; 2003; pág. 147

²⁰ GONZALES J. L. ; Metalurgia Mecánica; Limusa; Primera Edición; 2003; pág. 145

²¹ SYDNEY H. AVNER; Introducción a la metalurgia física; McGraw-Hill; Segunda edición;1988; pág. 671

Los esfuerzos que producen la fatiga pueden generarse de tres formas distintas como se muestra en la Figura 1.18.

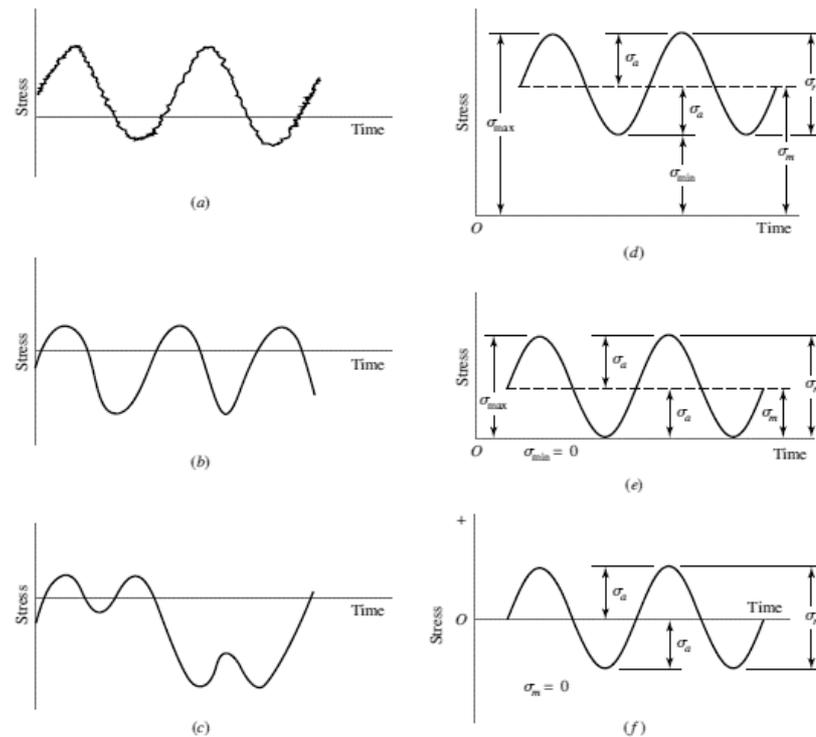


Figura 1.18: Condiciones básicas de fatiga por esfuerzos (a) Esfuerzo fluctuante con pulsaciones de alta frecuencia; (b y c) esfuerzo fluctuante no sinusoidal; (d) esfuerzo fluctuante sinusoidal, (e) esfuerzo repetido; (f) esfuerzo sinusoidal invertido totalmente²²

1.5.4. ACEROS ESTRUCTURALES

1.5.4.1. Aceros estructurales al carbono

En estos aceros el porcentaje de carbono influye en su resistencia, los primeros tipos de estos aceros fueron el A7 y el A373 que luego en 1960 fueron anulados por la ASTM remplazándolos por un acero al carbono mejorado, el ASTM A36, con mayor punto de fluencia ver Tabla 1.1 y contenido de carbono adecuado para el proceso de soldadura.

²² RICHARD G. BUDYNAS, J. KEITH NISBETT; Diseño en ingeniería mecánica de Shigley; McGraw-Hill; Octava Edición; 2006; pág. 296

Tipo ASTM	Espesor, pulgs.	Punto de fluencia mínimo Kg/cm ²	Resistencia a la tensión Kg/cm ²
A7		2320	4220-5275
A373	Hasta 4	2250	4080-5275
A36	Hasta 8	2530	4080-5625

Tabla 1.1: Propiedades mecánicas de aceros estructurales al carbono²³

1.5.4.2. Aceros de alta resistencia y baja aleación

En este tipo de aceros la resistencia deseada se la obtiene por medio de elementos de aleación como el níquel, manganeso, cromo, vanadio, wolframio, molibdeno, cobalto, silicio, cobre, titanio, circonio, plomo, selenio, aluminio, boro y Niobio. Dependiendo de la composición química el acero tendrá varios niveles de resistencia, buena soldabilidad y menos propenso a la corrosión (ver Tabla 1.2.).

Tipo ASTM	Espesor, pulgs.	Punto de fluencia mínimo Kg/cm ²	Resistencia a la tensión Kg/cm ²
A242,A440	3/4 y menores	3515	4920
A441	3/4 a 1 1/2	3235	4710
	1 1/2 a 4	2955	4430
A572- 42	hasta 4	2955	4220
45	hasta 1 1/2	3165	4220
50	hasta 1 1/2	3515	4570
55	hasta 1 1/2	3865	4920
60	hasta 1	4220	5275
65	hasta 1/2	4570	5625

Tabla 1.2: Propiedades mecánicas de los aceros de alta resistencia y baja aleación²⁴

²³ BRESLER B.,T. Y. LIN, JHON B. SCALZI; Diseño de estructuras de acero; Limusa; Novena Edición; 1997; pág.61

²⁴ BRESLER B.,T. Y. LIN, JHON B. SCALZI; Diseño de estructuras de acero; Limusa; Novena Edición; 1997; pág.61

1.5.5. CABLES ESTRUCTURALES

Los cables se definen como miembros estructurales flexibles conformados de uno a más grupos de alambres, torones o cuerdas colocados helicoidalmente alrededor de un alambre central “alma” (ver Figura 1.18). Debido a que su área transversal es pequeña en relación a su longitud, resisten cargas a tracción uniformemente distribuidos en cada hilo del cable.

1.5.5.1. Componentes básicos

1.5.5.1.1. Alambre de acero²⁵

Los alambres son la materia prima que conforma un cable de acero negro o galvanizado en tres diferentes grados de acero.

- Acero Arado Mejorado (IPS).
- Acero Arado Extra Mejorado (EIPS).
- Acero Arado Extra Extra Mejorado (EEIPS).

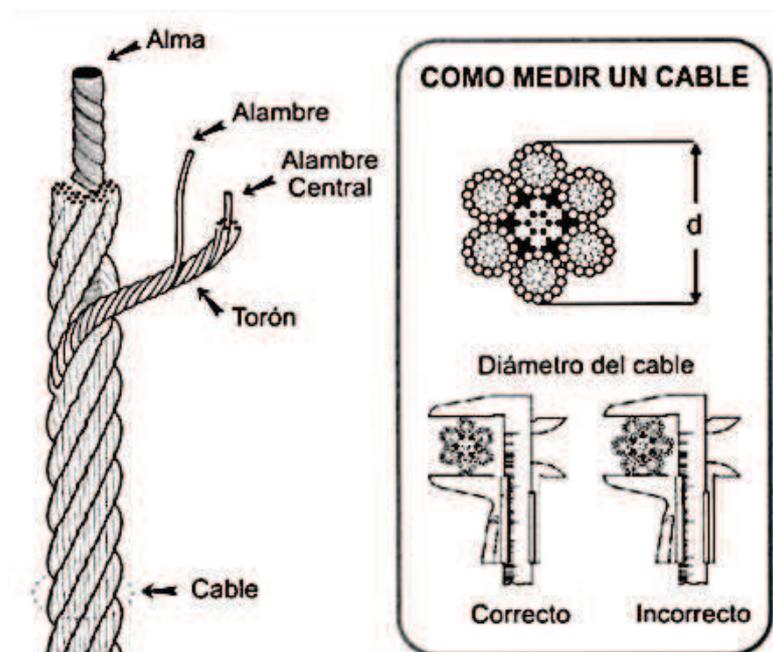


Figura 1.19: Componentes básicos cables estructural²⁶

²⁵ <http://www.leoncables.net/flipping/index.html>, Catalogo de cables, Página 3

²⁶ <http://www.leoncables.net/flipping/index.html>, Catalogo de cables, Página 3

1.5.5.1.2. Torón²⁷

Es un número determinado de alambres que se enrollan de forma helicoidal alrededor de un núcleo central. A cada número y disposición de los alambres se los designa como construcción.

1.5.5.1.3. Alma²⁸

Es el elemento central del cable, puede ser de fibra o acero, sobre el cual están retorcidos helicoidalmente los torones sirviendo como soporte de los mismos en el momento de operación y carga.

1.5.5.2. Selección de cables²⁹

Para obtener un mejor servicio en la vida útil de un cable existen varios factores que influyen su selección y son detallados a continuación.

- Capacidad de carga adecuada
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia a la abrasión.
- Resistencia a la corrosión
- Resistencia al aplastamiento.

1.5.5.2.1. Capacidad de carga adecuada

Es la mínima resistencia a la rotura por tensión que debe tener el cable para soportar la carga de trabajo con un factor de seguridad predeterminado. En este punto se debe considerar no únicamente cargas estáticas, sino también las cargas producidas por las aceleraciones o desaceleraciones de las cargas.

1.5.5.2.2. Resistencia a la fatiga

La fatiga del cable es un fenómeno que puede producir el deterioro y la posible rotura del material por esfuerzos repetidos producidos por doblez cuando están sujetos a flexión continúa en una polea o tambor.

²⁷ <http://www.leoncables.net/flipping/index.html>, Catalogo de cables, Página 3

²⁸ <http://www.leoncables.net/flipping/index.html>, Catalogo de cables, Página 3

²⁹ <http://www.leoncables.net/flipping/index.html>, Catalogo de cables, Página 4

1.5.5.2.3. Resistencia a la abrasión

La abrasión es el desprendimiento de materia del cable por movimientos relativo que debilita al cable disminuyendo su área efectiva. Un criterio para obtener el mínimo desgaste por fricción del cable es la selección del mismo con el menor número de cables exteriores.

1.5.5.2.4. Resistencia a la corrosión

Otro criterio importante de la selección del cable es el ambiente de trabajo, es decir, si existe la presencia de factores corrosivos. Para este caso se deberá seleccionar cables con alambre galvanizado y/o la utilización de lubricantes.

1.5.5.2.5. Resistencia al aplastamiento

El efecto de aplastamiento en cables se produce cuando estos son enrollados en tambores o en operación debida a carga excesiva. Para este caso se utilizará cables con alma de acero.

1.5.5.3. Identificación del cable de acero³⁰

Los cables de acero son identificados por sus componentes básicos, su construcción y torsión, siendo el más utilizado por su construcción.

1.5.4.3.1. Identificación del cable por su construcción.

Se lo identifica fundamentalmente por tres puntos (ver Figura 1.20).

- Numero de torones en el cable
- Numero de alambres en el torón
- Arreglo geométrico de los alambres en el torón

³⁰ <http://www.leoncables.net/flipping/index.html>, Catalogo de cables, Página 5

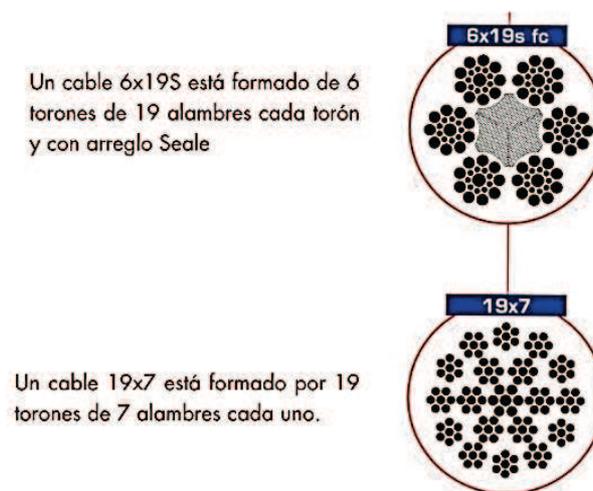


Figura 1.20: Identificación cables estructural³¹

1.5.6. CARGAS

Una de las fases tal vez más difícil que se puede presentar para el cálculo estructural es la estimación de las cargas y sus posibles combinaciones a las cuales estará sujeta la estructura durante su vida útil sin omitir ninguna carga que pueda llegar a presentarse, entre las cargas principales se tendrá las siguientes:

1.5.6.1. Cargas muertas

Son consideradas cargas fijas o permanentes como la masa propia de la estructura, riendas y accesorios.

1.5.6.2. Cargas vivas

Estas cargas pueden cambiar de lugar y magnitud y no son fijas a lo largo del tiempo como cargas muertas, por ejemplo la carga de personas durante el montaje o mantenimiento de las torres, grúas, viento, sismo, cambios de temperatura, etc.

1.5.7. CARGAS DE VIENTO

En el diseño de torres para telecomunicación una de las cargas vivas más importantes dentro del análisis es la carga de viento que influye sobre los miembros de la estructura y las antenas instaladas en ella siendo considerada la velocidad del viento constante en toda la estructura.

³¹ <http://www.leoncables.net/flipping/index.html>, Catalogo de cables, Página 5

1.5.7.1. Determinación de las fuerzas producidas por el viento³²

En la sección 2.3.1.1 de la norma TIA/EIA-222-F específica que la carga total de viento de diseño debe incluir la sumatoria de las fuerzas horizontales aplicadas a la estructura en la dirección del viento y la carga de viento de diseño sobre las riendas y accesorios puntuales.

1.5.7.2. La fuerza horizontal que actúa sobre la estructura

La fuerza horizontal (F) que actúa sobre la estructura debido al viento se calcula usando la siguiente ecuación.

$$F = q_z * G_H * \left[C_F * A_E + \sum (C_A * A_A) \right] \text{ (N)} \quad \text{Ec. (1.1)}$$

Pero la norma específica que dicha fuerza no debe ser mayor a $2q_z G_H A_G$

Donde:

A_A = Área proyectada de un accesorio lineal, (m²)

A_E = Área proyectada efectiva de los componentes estructurales en una cara, (m²)

A_G = Área bruta de una cara de la torre, determinada como si la cara fuera maciza, (m²)

C_F = Coeficiente de fuerza de la estructura

C_A = Coeficiente de fuerza para accesorio lineal o puntual

G_H = Factor de ráfaga para velocidad máxima del viento en una milla

q_z = Presión de velocidad, (Pa)

1.5.7.3. Presión de velocidad (q_z)

Haciendo las siguientes suposiciones válidas para las velocidades de viento para las cuales se diseña las estructuras:

³² Telecommunication industry association; Norma TIA/EIA-222-F; Edición 96; pág.: 2-10

- El aire es un fluido no viscoso
- El aire es un fluidos incompresible

Bajo estas consideraciones la presión se puede evaluar bajo el principio de la presión dinámica con la ecuación de Bernoulli.

$$q = \frac{1}{2} * \rho * V^2 \text{ (Pa)} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

Donde:

q = Presión dinámica en (Pa)

ρ = Densidad del aire (25° C), 1 atm) = 1,226 (kg/m)

V = Velocidad del viento en (m/s)

Remplazando los valores en la Ec. 1.1 se tendrá:

$$q = \frac{1}{2} * 1,226 * V^2 = 0,613 * V^2 \quad \text{Ec. (1.3)}$$

La Ec 1.3 permite calcular la presión de velocidades teórico, para el caso de las estructuras tipo torre la presión de velocidad (q_z) se multiplica por el coeficiente de exposición (K_z) como lo indican las ecuaciones Ec. 1.4 y Ec.1.5.

$$q_z = 0,00256 * K_z * V^2 \left(\frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \right) \text{ para } V \text{ en } \frac{\text{mi}}{\text{h}} \quad \text{Ec. (1.4)}$$

$$q_z = 0.613 * K_z * V^2 \text{ [Pa] para } V \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad \text{Ec. (1.5)}$$

El coeficiente de exposición (K_z) contempla la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el terreno y con la rugosidad de éste, por lo que está en función de la altura (z) por encima del nivel del terreno hasta el punto medio de la sección, accesorio o guía se calcula como se indica en las Ec. 1.6 y Ec.1.7

$$K_z = \left(\frac{z}{33}\right)^{\frac{2}{7}} \text{ para } z \text{ en ft} \quad \text{Ec. (1.6)}$$

$$K_z = \left(\frac{z}{10}\right)^{\frac{2}{7}} \text{ para } z \text{ en m} \quad \text{Ec. (1.7)}$$

$$1,00 \leq K_z \leq 2,58$$

1.5.7.4. Factor de ráfaga (G_H)

Los efectos de fluctuaciones de la velocidad (ráfagas de viento) sobre la carga en la dirección del viento en edificios y otras estructuras, están contemplados mediante el uso de un factor de efecto de ráfaga G_H . No se incluyen en éste los efectos de carga transversal al viento, desprendimiento de vórtices, inestabilidad debida a galope, flameo o efectos dinámicos torsionales.

El factor de ráfaga (G_H) se debe calcular usando las siguientes ecuaciones.

$$G_H = 0,65 + \frac{0,60}{\left(\frac{h}{33}\right)^{\frac{1}{7}}} \text{ para } h \text{ en ft} \quad \text{Ec. (1.8)}$$

$$G_H = 0,65 + \frac{0,60}{\left(\frac{h}{10}\right)^{\frac{1}{7}}} \text{ para } h \text{ en m} \quad \text{Ec. (1.9)}$$

$$1,00 \leq G_H \leq 1,25$$

Donde h será la altura total de la estructura.

Para las estructuras tipo monopolo de acero el factor de ráfaga (G_H) debe ser igual a 1,69 según lo indicado en la norma TIA/EIA-222-F sección 2.3.4.2.

1.5.7.5. Coeficiente de fuerza (C_F)

Se contemplan dos secciones transversales de torres básicas, cuadrada y triangular. El parámetro “e”, utilizado en las expresiones para C_F , Ec. 1.10 o calculado con la Ec. 1.12, se define como la relación entre el área sólida y el área total de una cara de la torre para el segmento de torre en consideración. El coeficiente de fuerza se debe usar con el área A_f , definida como el área sólida de una cara de la torre proyectada sobre el plano de esa cara, para el segmento de torre bajo consideración.

El coeficiente de fuerza (C_F), para estructuras reticuladas se calcula usando las siguientes ecuaciones.

$$C_F = 4,0 * e^2 - 5,9 * e + 4,0 \text{ (secciones cuadradas)} \quad \text{Ec. (1.10)}$$

$$C_F = 3,4 * e^2 - 4,7 * e + 3,4 \text{ (secciones triangulares)} \quad \text{Ec. (1.11)}$$

$$e = (A_F + A_R) / A_G \quad \text{Ec. (1.12)}$$

Donde:

A_F = Área proyectada de los componentes planos en una cara, (m^2)

A_G = Área bruta de una cara de la torre, determinada como si la cara fuera maciza, (m^2)

A_R = Área proyectada de los componentes estructurales circulares en una cara, (m^2)

Para las estructuras tipo monoposte de acero, el coeficiente de fuerza de la estructura (C_F) se debe determinar a partir de la Tabla D.1 del ANEXO D.

El área proyectada efectiva de los componentes estructurales (A_E) para una sección se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$A_E = D_F * A_F + D_R * A_R * R_R \text{ (ft}^2\text{)} [m^2] \quad \text{Ec. (1.13)}$$

Para las estructuras tipo monopolo de acero (A_E) debe ser el área proyectada real calculada en base al diámetro del poste o su ancho total.

Los factores de dirección de viento D_F y D_R se determinarán a partir de la Tabla D.2 del ANEXO D.

1.5.7.6. Coeficiente de fuerza C_A

El coeficiente de fuerza C_A al aplicar a el área proyectada de un accesorio lineal A_A que no se considera como un componente estructural se debe determinar a partir de la Tabla D.3 del ANEXO D.

Independientemente de su ubicación, los accesorios lineales no considerados como componentes estructurales de acuerdo con TIA/EIA-222-F sección 2.3.6.3 se deber incluir en el término $\Sigma C_A A_A$.

1.5.7.7. Carga de viento de diseño sobre las riendas

La carga de viento de diseño sobre las riendas se debe determinar de acuerdo con la Figura 1.21. Se puede asumir una carga de viento de diseño uniforme en base a la presión de velocidad (q_z) a la mitad de la altura de cada rienda.

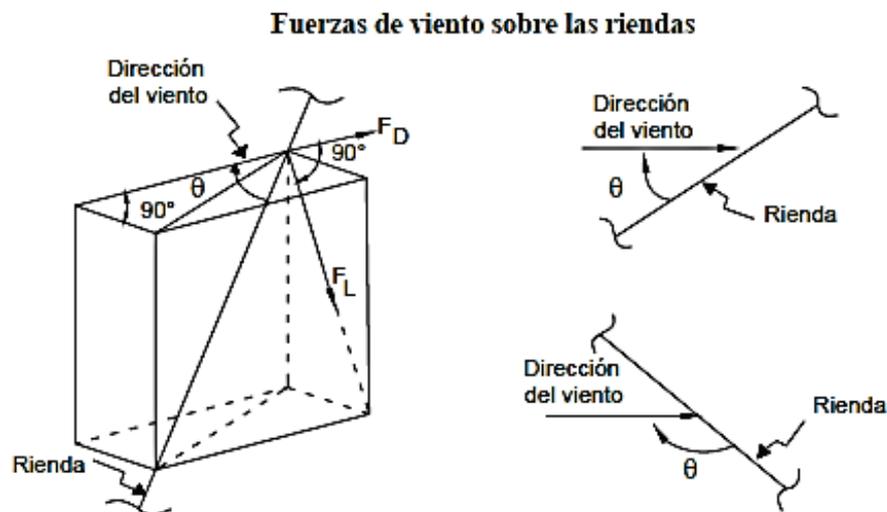


Figura 1.21: Fuerza de viento sobre riendas³³

³³ Telecommunication industry association; Norma TIA/EIA-222-F; Edición 96; pág. 10

1.5.8. CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO PARA ANTENAS DE MICROONDAS / REFLECTORES TÍPICOS³⁴

El Anexo B contiene datos para el cálculo de la carga de viento de diseño para antenas de microondas y reflectores típicos.

Para el cálculo de la fuerza de viento en antenas parabólicas (incluyendo antenas de rejilla) se describen en el sistema de ejes de la antenna cuyo origen coincide con el vértice del reflector. La fuerza axial (F_A) actúa a lo largo del eje de la antenna. La fuerza lateral (F_s) actúa de manera perpendicular al eje de la antenna en el plano que contiene el eje de la antenna y el vector del viento. El momento torsor (M) actúa en el plano que contiene F_A y F_s .

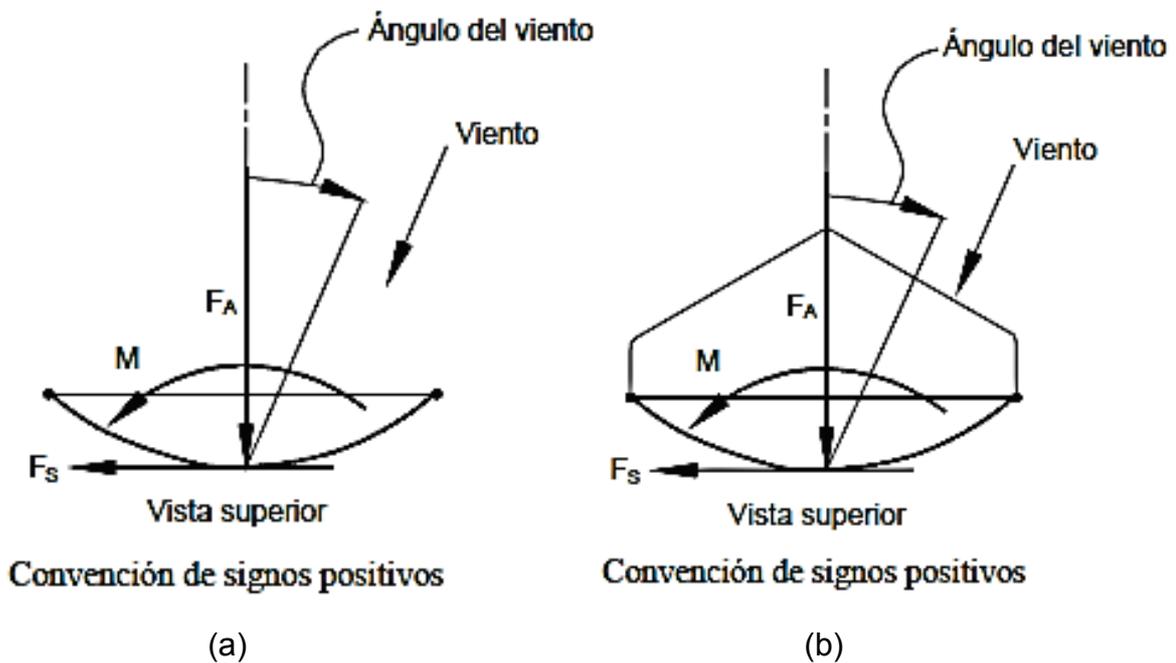


Figura 1.22: (a) Fuerza de viento parabolooides y rejillas, (b) parabolooides con radomos³⁵

³⁴ Telecommunication industry association; Norma TIA/EIA-222-F; Edición 96; Anexo B

³⁵ Telecommunication industry association; Norma TIA/EIA-222-F; Edición 96; Anexo B

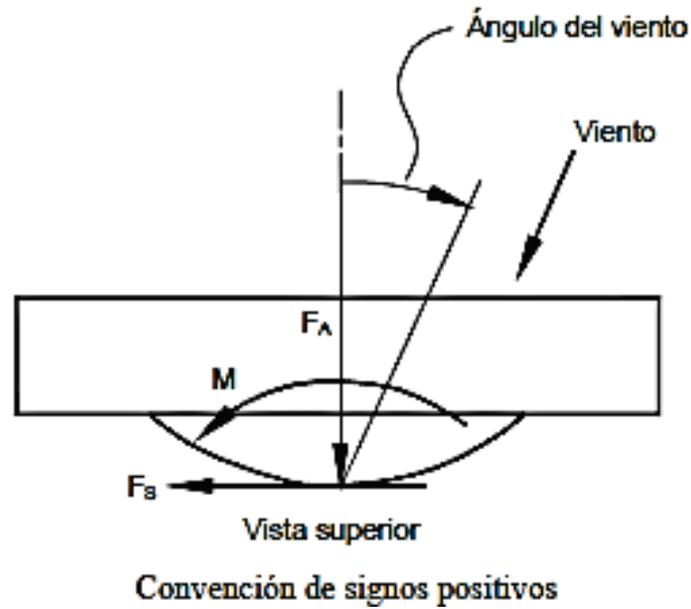


Figura 1.23: Fuerza de viento en paraboloides con protectores cilíndricos³⁶

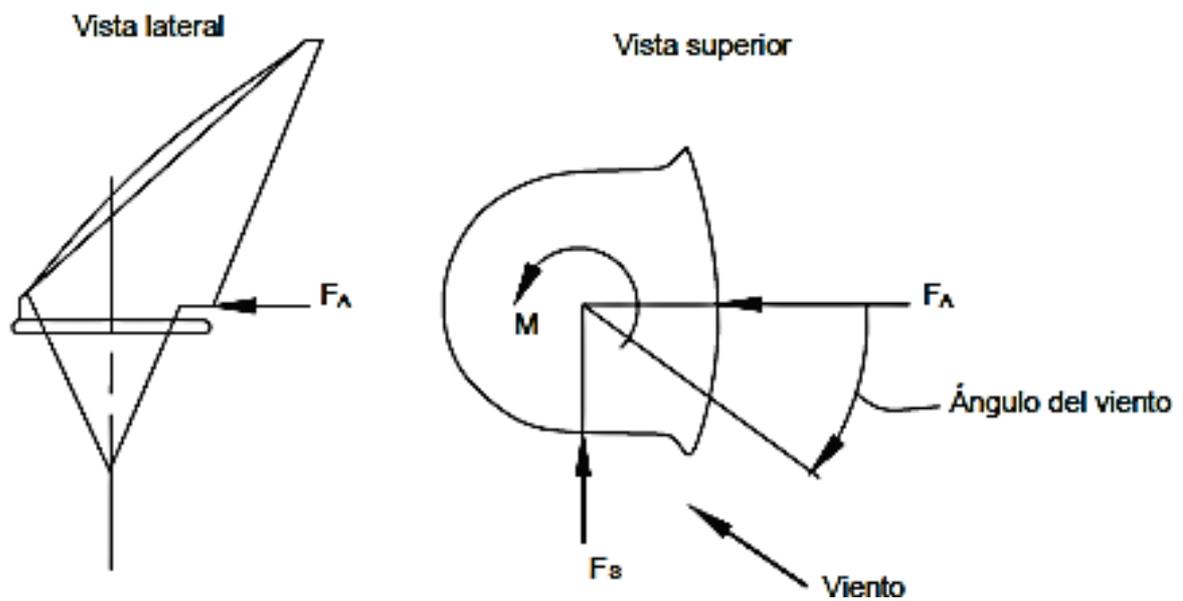


Figura 1.24: Fuerza de viento en paraboloides con protectores cilíndricos y antenas de reflector de bocina cónica³⁷

³⁶ Telecommunication industry association; Norma TIA/EIA-222-F; Edición 96; Anexo B

³⁷ Telecommunication industry association; Norma TIA/EIA-222-F; Edición 96; Anexo B

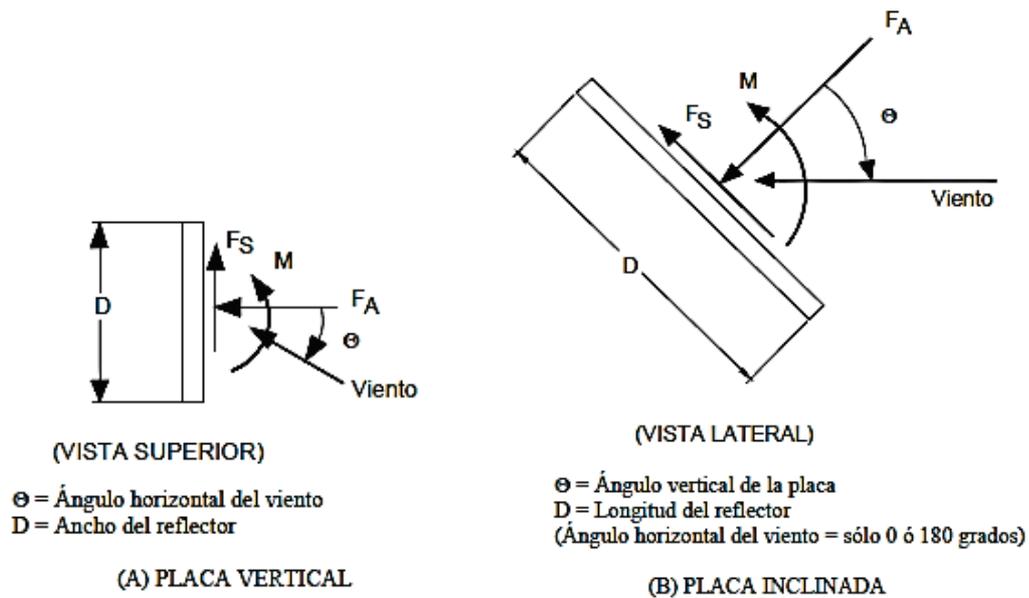


Figura 1.25: Fuerzas del viento en reflectores pasivos de placa plana³⁸

En todos los casos las magnitudes de F_A , F_S y M dependen de la presión dinámica del viento (q_z), del área frontal proyectada de la antena (A) y de las características aerodinámicas del cuerpo de la antena. Las características aerodinámicas varían en función del ángulo del viento (θ). Los valores de F_A , F_S y M se deben calcular a partir de las siguientes ecuaciones:

$$F_A = C_A * A * K_Z * G_H * V^2 (\text{lb}) \quad \text{Ec. (1.14)}$$

$$F_S = C_S * A * K_Z * G_H * V^2 (\text{lb}) \quad \text{Ec. (1.15)}$$

$$M = C_M * A * D * K_Z * G_H * V^2 (\text{ft-lb}) \quad \text{Ec. (1.16)}$$

Donde:

C_A , C_S y C_M = Coeficientes listados en las Tablas B3 a B6 del ANEXO B de la Norma TIA/EIA-222-F en función del ángulo del viento θ .

G_H = Factor de ráfaga

³⁸ Telecommunication industry association; Norma TIA/EIA-222-F; Edición 96; Anexo B

A = Área de la abertura externa (ft²) de una antena de reflector parabólico, de rejilla o de bocina igual a el área de la placa (ft²) de un reflector pasivo

D = Diámetro externo (ft) de una antena de reflector parabólico, de rejilla o de bocina igual a el ancho o longitud (ft) de un reflector pasivo

V = Velocidad básica del viento (mph)

K_z = Coeficiente de exposición, para z igual a la altura del origen del sistema de ejes coordenados

θ = Ángulo del viento (grados)

En ausencia de datos más precisos, la carga de viento de diseño (FC) sobre un accesorio puntual tal como un escudo contra hielo, plataforma, etc. (excluyendo las antenas de microondas / reflectores pasivos) se debe calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$F = q_z * G_H \left[\sum (C_A * A_A) \right] [N](lb) \quad \text{Ec. (1.17)}$$

1.5.9. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL CORTANTE BASAL

1.5.9.1. Cortante basal de diseño³⁹

El cortante basal total de diseño V, a nivel de cargas últimas, que será aplicado a una estructura en una dirección especificada, se determinará mediante las expresiones:

$$V = \frac{I * S_a}{R * \phi_P * \phi_E} W \quad \text{Ec. (1.18)}$$

Donde:

I = factor de importancia.

W = carga reactiva (kN).

³⁹ NEC; "Norma Ecuatoriana de la Construcción"; 2011; Capítulo 2; Pág.: 55

S_a = aceleración espectral correspondiente al espectro de respuesta elástico para diseño.

R = factor de reducción de respuesta estructural.

ϕ_P, ϕ_E = factores de configuración estructural en planta y en elevación.

1.5.9.2. Período de vibración T^{40}

El periodo de vibración de la estructura, para cada dirección principal, será estimado a partir de uno de los métodos descritos a continuación:

$$T = C_t * h_n^\alpha \quad \text{Ec. (1.19)}$$

Donde:

h_n : Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

- Para estructuras de acero sin arriostramientos, $C_t = 0.072$ y $\alpha = 0.80$.
- Para estructuras de acero con arriostramientos, $C_t = 0.073$ y $\alpha = 0.75$.
- Para pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras, $C_t = 0.047$ y $\alpha = 0.9$.
- Para pórticos especiales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural, $C_t = 0.049$ y $\alpha = 0.75$.

1.5.9.3. Factor de importancia I

La estructura a construirse se clasificará en una de las categorías que se establecen en la Tabla 1.3 y se adoptará el correspondiente factor de importancia.

El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.

⁴⁰ NEC; "Norma Ecuatoriana de la Construcción"; 2011; Capítulo 2; Pág.: 55

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Tabla 1.3: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura⁴¹

1.5.9.4. Carga sísmica reactiva W ⁴²

La carga sísmica W representa la carga reactiva por sismo y es igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso. En el caso de estructuras de bodegas o de almacenaje, W se calcula como la carga muerta más un 50% de la carga viva de piso. En el caso de existir depósitos de fluidos en niveles superiores de la edificación debe considerarse el efecto de interacción dinámica entre el fluido y la estructura.

1.5.9.5. Espectro elástico de diseño en aceleraciones⁴³

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la aceleración de la gravedad S_a , para el nivel del sismo de diseño, consistente con el factor de zona sísmica Z , el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y considerando los valores de los coeficiente de amplificación o de amplificación de suelo de las Tablas 1.4, 1.5 y 1.6.

⁴¹ NEC; “Norma Ecuatoriana de la Construcción”; 2011; Capítulo 2; Pág.: 49

⁴² NEC; “Norma Ecuatoriana de la Construcción”; 2011; Capítulo 2; Pág.: 54

⁴³ NEC; “Norma Ecuatoriana de la Construcción”; 2011; Capítulo 2; Pág.: 43

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D		1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E		1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97
F		ver nota					

Tabla 1.4: Tipo de suelo y factores de sitio Fa

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D		1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E		2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F		ver nota					

Tabla 1.5: Tipo de suelo y factores de sitio Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C		1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D		1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F		ver nota					

Tabla 1.6: Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs

Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 0.05, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para periodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos:

$$S_a = n * Z * F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_C \quad \text{Ec. (1.20)}$$

$$S_a = n * Z * F_a * \left(\frac{T_C}{T} \right)^r \text{ para } T > T_C \quad \text{Ec. (1.21)}$$

Donde:

$r=1$, para tipo de suelo A, B o C, y

$r = 1.5$, para tipo de suelo D o E.

Así mismo, de los análisis de las ordenadas de los espectros de peligro uniforme en roca para el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (Periodo de retorno 475 años), que se obtienen a partir de los valores de aceleraciones, normalizándolos para la aceleración máxima en el terreno, Z , se definieron los valores de la relación de amplificación espectral, n (S_a/Z , en roca), que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

$n= 1.8$ (Provincias de la Costa, excepto Esmeraldas), 2.48 (Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos), 2.6 (Provincias del Oriente).

El límite para el periodo de vibración T_C se obtiene de la siguiente expresión:

$$T_C = 0,55 * F_S * \frac{F_d}{F_a} \quad \text{Ec. (1.22)}$$

1.5.8.6. Factor de reducción de resistencia sísmica R ⁴⁴

Se permite una reducción de estas fuerzas mediante el factor R (Tabla 1.7) cuando el diseño de este tipo de estructuras provea de suficiente resistencia y ductilidad a las mismas, de manera consistente con la filosofía de diseño y las especificaciones de la presente norma.

⁴⁴ NEC; "Norma Ecuatoriana de la Construcción"; 2011; Capítulo 2; Pág.: 65

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R	
Reservorios y depósitos, incluidos tanques y esferas presurizadas, soportados mediante columnas o soportes arriostrados o no arriostrados.	2
Silos de hormigón fundido en sitio y chimeneas que poseen paredes continuas desde la cimentación	3.5
Estructuras tipo cantiléver tales como chimeneas, silos y depósitos apoyados en sus bordes	3
Naves industriales con perfiles de acero	3
Torres en armadura (auto-portantes o atirantadas)	3
Estructuras en forma de péndulo invertido	2
Torres de enfriamiento	3.5
Depósitos elevados soportados por una pila o por apoyos no arriostrados	3
Letreros y carteleras	3.5
Estructuras para vallas publicitarias y monumentos	2
Otras estructuras no descritas en este documento	2

Tabla 1.7: Factor de reducción de respuesta R para estructuras diferentes a las de edificación.

1.5.9.7. Coeficiente de configuración estructural en planta ϕ_P y ϕ_E ⁴⁵

Cuando una estructura no contempla ningún tipo de irregularidad ϕ_P y ϕ_E tomarán el valor de 1 y se le considerará como regular.

1.5.10. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Las especificaciones para el diseño de estructura metálica se aplican de acuerdo los materiales existente y su proceso de fabricación, como son los perfiles laminado en caliente como IPN, UPN, Ángulos, etc., o conformado en frío como los perfiles UV, los mismo que obedecen las recomendaciones de diseño dadas en la AISC (*American Institute of Steel Construction*), y la AISI (*American Iron and Steel Institute*), correspondientemente.

En las especificaciones AISC y AISI el diseño de los elementos estructurales se puede efectuar de acuerdo a los requisitos de diseño por factores de carga y resistencia LRFD, o por esfuerzos admisibles ASD, pero no se deberá utilizar los dos métodos conjuntamente. En el presente proyecto se utilizará el método ASD para el diseño de todos los miembros estructurales.

⁴⁵ NEC; "Norma Ecuatoriana de la Construcción"; 2011; Capítulo 2; Pág.: 51

10.5.10.1 Diseño por esfuerzos admisibles (ASD)⁴⁶

El método de diseño por los esfuerzos admisible ASD, satisface los requisitos de la especificación AISC y AISI, cuando el esfuerzo admisible de cada elemento estructural es mayor o igual al esfuerzo requerido, determinado bajo los efectos de todas las combinaciones de carga nominales de la ASD Ec. 1.23.

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega} \quad \text{Ec. (1.23)}$$

Donde:

R_a : Resistencia requerida (ASD)

R_n : Resistencia nominal

Ω : Factor de seguridad

R_n/Ω : Resistencia admisible

10.5.10.2. Diseño por factores de carga y resistencia LRFD⁴⁷

El método de diseño en base a factores de carga y resistencia LRFD, satisface los requisitos de la especificación AISC y AISI, cuando la el resistencia de diseño de cada elemento estructural es mayor o igual al resistencia requerido, determinado bajo los efectos de todas las combinaciones de carga nominales de la LRFD Ec. 1.23.

$$R_u \leq \phi R_n \quad \text{Ec. (1.24)}$$

Donde:

R_u : Resistencia requerida (LRFD)

R_n : Resistencia nominal

ϕ : Factor de resistencia

ϕR_n : Resistencia de diseño

⁴⁶ Specification for Structural Steel Buildings; ANSI/AISC 360-10; Pág.: 11

⁴⁷ Specification for Structural Steel Buildings; ANSI/AISC 360-10; Pág.: 11

1.5.11. DETERMINACIÓN DE ÁREAS⁴⁸

1.5.11.1. Área bruta (A_g)

El área bruta A_g de un elemento es el área total de su sección transversal.

1.5.11.2. Área Neta (A_n)

El área neta A_n , se define como la suma de los productos de los espesores por sus respectivos anchos netos, siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Las perforaciones para los elementos conectores deberán aumentarse 2 mm, (1/16 pulgada) más que el diámetro nominal de la perforación.
- Para una cadena de perforaciones, en línea diagonal o zigzag, el ancho neto se obtendrá a partir del ancho bruto la suma de las dimensiones de todos los diámetros de las perforaciones en una cadena y agregando en cada cambio en zigzag en la cadena la cantidad $s^2/4g$, siendo “s” la distancia entre centros de dos perforaciones consecutivas (paso) en mm, y “g” la distancia transversal centro a centro (gramil) entre líneas de conectores en mm.
- El límite máximo de A_n será de $0,85A_g$ para planchas traslapadas con perforaciones.

1.5.11.3. Área Neta efectiva (A_e)

El área neta efectiva se define de la siguiente forma:

$$A_e = A_n * U \quad \text{Ec. (1.25)}$$

Donde U, factor de corte diferido que se calcula a partir de la Tabla 1.8.

⁴⁸ Specification for Structural Steel Buildings; ANSI/AISC 360-10; Pág.: 14, 28

Factor de Corte Diferido para Conexiones de Miembros en Tracción				
Caso	Descripción del Elemento	Factor de Corte Diferido, U	Ejemplo	
1	Todos los miembros en tracción donde la carga es transmitida directamente a cada uno de los elementos de la sección por conectores o soldaduras (excepto en los Casos 3, 4, 5 y 6)	$U = 1.0$		
2	Todos los miembros en tracción, excepto las planchas y tubos, donde la carga es transmitida por sólo algunos de los elementos de la sección por conectores o soldaduras (Alternativamente, el Caso 7 puede ser utilizado para perfiles W, M, S y HP)	$U = 1 - \bar{x}/l$		
3	Todos los miembros en tracción donde la carga es transmitida por soldaduras transversales a sólo algunos elementos de la sección.	$U = 1.0$ An = área de los elementos conectados directamente		
4	Planchas donde la carga de tracción es transmitida solamente por soldaduras longitudinales.	$l \geq 2w \dots U = 1.0$ $2w > l \geq 1.5w \dots U = 0.87$ $1.5w > l \geq w \dots U = 0.75$		
5	Tubos redondos con sólo una placa gusset concéntrica.	$l \geq 1.3 D \dots U = 1.0$ $D/l \leq 1.3 D \dots U = 1 - \sqrt{l/D}$ $\bar{x} = D/\pi$		
6	Tubo Rectangular	con sólo una placa gusset concéntrica	$l \geq H \dots U = 1 - \bar{x}/l$ $\bar{x} = \frac{B^2 - 2BH}{4(B+H)}$	—
		con dos placas gusset concéntricas	$l \geq H \dots U = 1 - \bar{x}/l$ $\bar{x} = \frac{B^2 - BH}{4(B+H)}$	—
7	Perfiles W, M, S o HP, o T cortadas a partir de estos perfiles (Si U es calculado según Caso 2, se permite utilizar el mayor valor)	con ala conectada con 3 o más conectores por línea en la dirección de carga	$b_1 \geq 2/3d \dots U = 0.9$ $b_1 < 2/3d \dots U = 0.85$	—
		con alma conectada con 4 o más conectores en la dirección de carga	$U = 0.70$	—
8	Ángulos simples (Si U es calculado según Caso 2, se permite utilizar el mayor valor)	con 4 o más conectores por línea en la dirección de carga	$U = 0.80$	—
		con 2 ó 3 conectores por línea en la dirección de carga	$U = 0.60$	—

l = longitud de conexión, cm (mm); w = ancho plancha, cm (mm); e = excentricidad de conexión, cm (mm); B = ancho total del tubo rectangular, medido 90° respecto al plano de conexión, cm (mm); H = altura total del tubo rectangular, medido en el plano de conexión, cm (mm)

Tabla 1.8: Factor de corte diferido⁴⁹⁴⁹ Specification for Structural Steel Buildings; ANSI/AISC 360-10; Pág.: 29

1.5.12. DISEÑO DE ELEMENTOS LAMINADOS EN CALIENTE (AISC)

10.5.12.1. Diseño de miembros a tracción ⁵⁰

Los miembros sometidos a tracción son elementos sujetos a fuerzas axiales que tratan de estirarlo, utilizando toda su área transversal para trabajar y distribuir los esfuerzos uniformemente, son miembros eficientes, económicos, fáciles de fabricar y ensamblar por ejemplo tenemos alambres, cables, varillas, barras, perfiles estructurales simples y miembros armados.

Para el diseño de los elementos a tracción, no existe límite de esbeltez máxima, pero se recomienda que no sea mayor a 300. La resistencia admisible a tracción P_n / Ω , será el menor al valor que se obtenga de acuerdo en los estados límites de fluencia en tracción la sección bruta y rotura en tracción en la sección neta como se indica a continuación:

a) *Estado límite de fluencia en la sección bruta*

$$P_n = F_y * A_g, \Omega = 1,67 \quad \text{Ec. (1.26)}$$

b) *Rotura en tracción en la sección neta.*

$$P_n = F_u * A_e, \Omega = 2,00 \quad \text{Ec. (1.27)}$$

c) *Para rotura en corte del área efectiva.*

$$P_n = 0.6 * F_u * A_{sf} \quad \text{Ec. (1.28)}$$

Donde:

A_g = Área Bruta. (mm²)

A_e = Área neta efectiva. (mm²)

A_{sf} : Área en la rotura de falla por corte = $2t*(a + d/2)$, a: separación de borde y d diámetro nominal (mm)

⁵⁰ Specification for Structural Steel Buildings; ANSI/AISC 360-10; Pág.: 26

F_y = Resistencia de fluencia mínimo especificada. (MPa)

F_u = Resistencia de rotura mínima especificada. (MPa)

P_n = Fuerza nominal a la tracción axial. (N)

b_{eff} : Distancia de borde efectiva = $2t+16$ mm

t : espesor del perfil.

Para el cálculo del área neta efectiva, la norma TIA/EIA-222-F edición de 1996, sección 3.1.4 recomienda usar un coeficiente de reducción de 0,75 de acuerdo a la sección B3 de las especificaciones AISC para perfiles angulares y otros miembros similares conectados por alas con uno o dos sujetadores.

10.5.12.2. Diseño de miembros en compresión ⁵¹

Para el diseño de miembros que trabajan en compresión axial aplicada en el eje centroidal, se calcula la resistencia admisible en compresión P_n / Ω_c , donde P_n será el menos valor obtenido de acuerdo a los estados límites que aplica pandeo por flexión, pandeo torsional y pandeo flexo torsional, por lo general se idealiza el sistema de cargas como una fuerza axial pura o como flexión combinada con cargas axiales, la longitud "L" del miembro se toma como la distancia entre apoyos, o bien la longitud efectiva KL , la cual toma en cuenta las condiciones de restricción entre los extremos.

10.5.12.2.1 Longitud efectiva de miembros en compresión

Idealmente para el diseño de columnas se considera que los extremos están libres de rotar, pero en la realidad los extremos están remachados o soldados a otros miembros, por lo que están restringidos a la rotación que cambia su condición de apoyo, por lo tanto la resistencia de un miembro en compresión de longitud L con cualquier grado de restricción en los extremos puede ser considerada como la de un miembro biarticulado en sus extremos de longitud L_e , donde $L_e = kL$, siendo k el factor de longitud efectiva, y su comportamiento será similar al elemento real de longitud L , Figura 1.26.

⁵¹ Specification for Structural Steel Buildings; ANSI/AISC 360-10; Pág.: 32

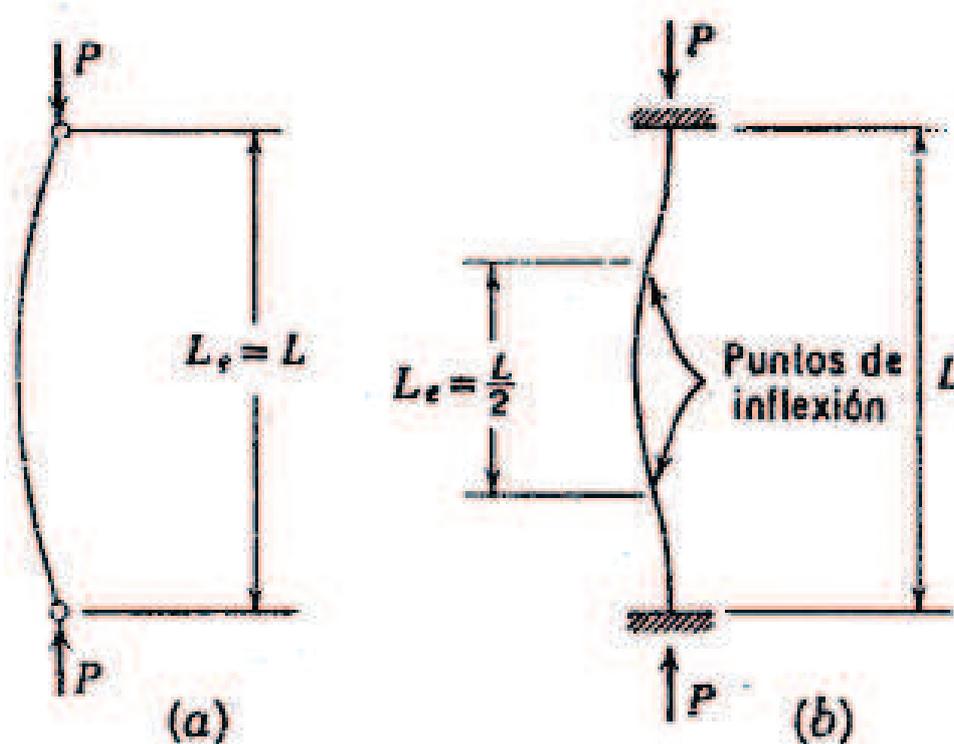


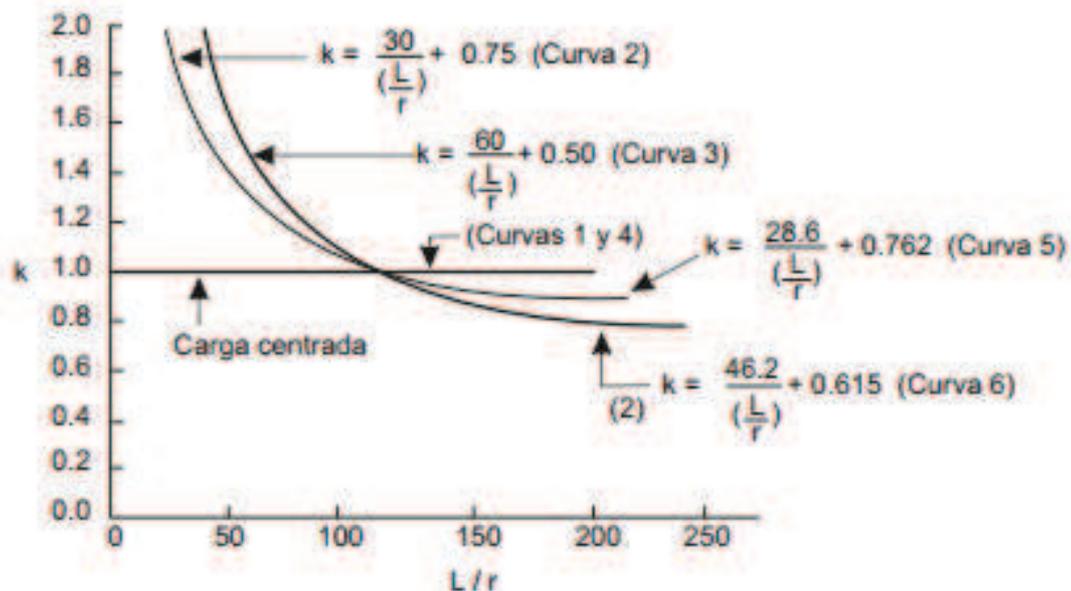
Figura 1.26: Longitud efectiva de columnas a): columna biarticulada y b) columna doblemente empotrada⁵²

La longitud efectiva se la conoce también como longitud sin arriostrar o sin soportes, donde el factor de longitud efectiva k se determina de acuerdo a la Tabla 1.9 y la Figura 1.26.

Para determinar el factor de longitud efectiva k , se determina la relación L/r , siendo "L" la longitud real del miembro y "r" el radio de giro mínimo, para determinar las curvas de Esbeltez efectiva aplicables según la Tabla 1.8. Una vez determinada dicha curva, en la Figura 1.26 se traza una línea perpendicular al eje de las abscisas (L/r) intersecando con la curva correspondiente que determina en el eje de las ordenadas el valor de k , con el cual se puede calcular la esbeltez de la columna kL/r que no deberá ser mayor a 200, y estimar la Tensiones de diseño según las Normas EIA / TIA 222-F y ANSI / ASCE 10-90, la Figura 1.27 permite establecer el valor de la tensión de diseño.

⁵² BRESLER B., T. Y. LIN, JHON B. SCALZI; Diseño de estructuras de acero; Limusa; Novena Edición; 1997; pág.422

ANSI/ASCE 10-09 CURVAS DE ESBELTEZ EFECTIVA	
CURVAS 1-3 $\frac{L}{R} \leq 120$	CURVAS 4-6 $\frac{L}{R} > 120$
<u>CURVA 1</u> $\frac{KL}{L} = \frac{L}{R}$ (CONCÉNTRICO AMBOS EXTREMOS)	<u>CURVA 4</u> $\frac{KL}{R} = \frac{L}{R}$ (SIN RESTRICCIÓN EN LOS EXTREMOS)
<u>CURVA 2</u> $\frac{KL}{R} = 30 + 0,75 \frac{L}{R}$ (EXCÉNTRICO EN UN EXTREMO)	<u>CURVA 5</u> $\frac{KL}{R} = 28,6 + 0,762 \frac{L}{R}$ (RESTRICCIÓN PARCIAL EN UN EXTREMO)
<u>CURVA 3</u> $\frac{KL}{R} = 60 + 0,50 \frac{L}{R}$ (EXCÉNTRICO AMBOS EXTREMOS)	<u>CURVA 6</u> $\frac{KL}{R} = 46,2 + 0,615 \frac{L}{R}$ (RESTRICCIÓN PARCIAL AMBOS EXTREMOS)

Tabla 1.9: Curvas de esbeltez efectiva⁵³Figura 1.27: Factor de longitud efectiva para mineros principales⁵⁴⁵³ Telecommunication industry association; Norma TIA/EIA-222-F; Edición 96; pág.: 15⁵⁴<http://www.eac.com.co/files/Ing.%20Arnaldo%20Gutierrez%20-%20L3%20Torres.pdf>

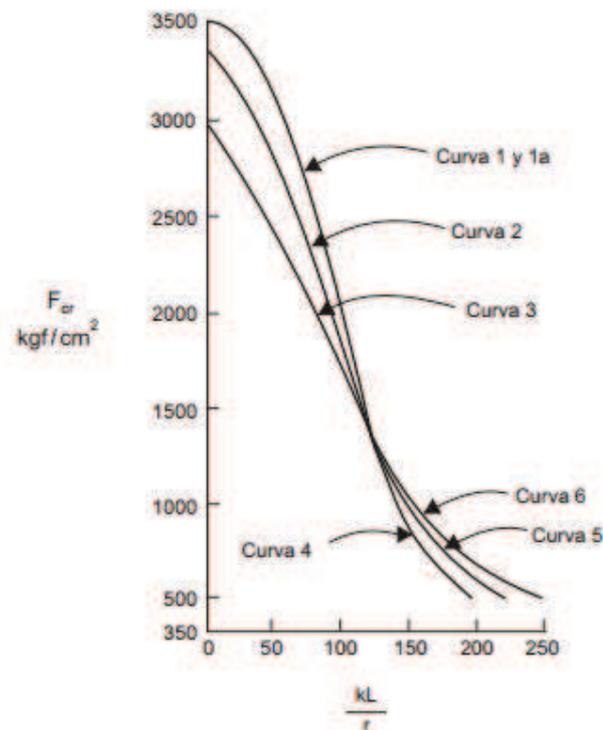


Figura 1.28: Tensiones de diseño según Normas EIA / TIA 222-F y ANSI / ASCE 10-90⁵⁵

10.5.12.2.2. Pandeo por flexión

El esfuerzo de pandeo por flexión según la AISC se determina de la siguiente forma:

a) Cuando

$$\frac{KL}{r_{\min}} \leq 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ o } (F_e \geq 0,44 F_y) \quad \text{Ec. (1.29)}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y \quad \text{Ec. (1.30)}$$

b) Cuando

$$\frac{KL}{r_{\min}} > 4,71 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ o } (F_e < 0,44 F_y) \quad \text{Ec. (1.31)}$$

⁵⁵ <http://www.eac.com.co/files/Ing.%20Arnaldo%20Gutierrez%20-%20L3%20Torres.pdf>

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad \text{Ec. (1.32)}$$

Donde F_e (MPa) es el esfuerzo elástico de pandeo, o conocida usualmente como la fórmula de Euler, en honor al matemático suizo Euler, que se calcula con la siguiente expresión:

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} \quad \text{Ec. (1.33)}$$

Donde $r_{\min} = \sqrt{I/A}$ (mm) es el radio de giro mínimo de la sección transversal, y E (MPa) el módulo de elasticidad del material.

Para el caso de ángulos simple en compresión si la relación $b/t > 20$ se cumple se podrán calcular de acuerdo al análisis anterior, caso contrario se deberá adoptar las consideraciones dadas en la sección E5. De la AISC.

10.5.12.3. Diseño de miembros a flexión⁵⁶

Para el diseño de miembros que trabajan en flexión, la resistencia de flexión nominal, debe ser el menor valor obtenido de acuerdo a los estados límites de fluencia (Momento plástico), pandeo lateral-torsional y pandeo local de ala, la resistencia admisibles en flexión se determina como M_n/Ω_b donde M_n es la resistencia nominal a la tracción (N-mm) y Ω_b factor de seguridad igual a 1,67.

10.5.12.3.1. Ángulos simples.

1. Fluencia.

$$M_n = 1,5 M_y \quad \text{Ec. (1.34)}$$

Donde M_y es el momento de primera fluencia en torno al eje de flexión en (N-mm) y se calcula de la siguiente manera:

⁵⁶ Especificación for Structural Steel Buildings; ANSI/AISC 360-10; Pág.: 44

$$M_y = F_y \cdot S_c \quad \text{Ec. (1.35)}$$

Donde F_y (MPa) es la Resistencia de fluencia mínimo especificada y S_c (mm³) es el módulo de la sección.

2. Pandeo Lateral-Torsional.

Para ángulos simples sin restricción continua al pandeo lateral-torsional a lo largo de su longitud.

a) Cuando $M_e \leq M_y$

$$M_n = \left(0,92 - \frac{0,17M_e}{M_y} \right) M_y \quad \text{Ec. (1.36)}$$

b) Cuando $M_e > M_y$

$$M_n = \left(1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y \leq 1,5 M_y \quad \text{Ec. (1.37)}$$

Donde:

M_e , es el momento de pandeo elástico lateral-torsional, y para su determinación se determina lo siguiente:

(i) *Para flexión en torno del eje principal mayor de un ángulo de alas iguales:*

$$M_e = \frac{0,46Eb^2t^2C_b}{L_b} \quad \text{Ec. (1.38)}$$

(ii) *Para flexión en torno del eje principal mayor de un ángulo de alas desiguales:*

$$M_e = \frac{4,9EI_z C_b}{L_b^2} \left(\sqrt{\beta_w^2 + 0,052 \left(\frac{L_b t}{r_z} \right)^2} + \beta_w \right) \quad \text{Ec. (1.39)}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{max}}{2,5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad \text{Ec. (1.40)}$$

Donde:

M_{max} : Valor absoluto del máximo momento en el segmento no arriostrado (N-mm)

M_A : Valor absoluto del momento en el primer cuarto del segmento no arriostrado N-mm

M_B : Valor absoluto del momento en el centro del segmento no arriostrado, (N-mm)

M_C : Valor absoluto del momento en el tercer cuarto del segmento no arriostrado, (N-mm).

L_b : longitud no arriostrada lateralmente del miembro, mm

I_z : momento de inercia del eje principal menor, mm^4

r_z : radio de giro del eje principal menor, mm

t : espesor del ala del ángulo, mm

C_b : factor de modificación de pandeo torsional.

β_w ; Propiedad de la sección para ángulos de alas desiguales; positivo para alas cortas en compresión y negativo para alas largas en compresión.

3. Pandeo local.

Este análisis es aplicable cuando el borde extremo del ala está en compresión.

- Para secciones compactas no aplica este análisis.
- Para secciones no compactas.

$$M_n = F_y S_c \left(2,43 - 1,72 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right) \quad \text{Ec. (1.41)}$$

- Para secciones esbeltas.

$$M_n = F_{cr} S_c \quad \text{Ec. (1.42)}$$

$$F_{cr} = \frac{0,71 E}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad \text{Ec. (1.43)}$$

Donde:

b : Longitud completa del ala en compresión. mm

S_c : Modulo elástico de la sección referido al borde exterior en compresión relativo al eje de flexión. mm³

10.5.12.4. Esfuerzos Combinados

10.5.12.4.1. Miembros con simetría doble y simple solicitados a flexión y compresión.

Se realiza la internación de flexión y compresión de miembros con simetría doble y simple que cumplen que $0,1 \leq I_{yc}/I_y \leq 0,9$, cuando:

a) Cuando $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad \text{Ec. (1.44)}$$

b) Cuando $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad \text{Ec. (1.45)}$$

Donde:

P_r : resistencia de compresión axial requerida. N

P_c : resistencia de compresión axial admisible (P_n/Ω_c), N

M_r : Resistencia de flexión requerida. N-mm

M_c : Resistencia de flexión admisible (M_n/Ω_b). N-mm

$\Omega_b = \Omega_c$: Factor de seguridad a flexión y compresión igual a 1,67.

1.5.13. DISEÑO DE ELEMENTOS CONFORMADOS EN FRIO (AISI)⁵⁷

1.5.13.1. Miembros comprimidos con cargas concéntricas

Esta sección se aplica a miembros cuya resultante de todas las cargas es una carga axial que pasa a través de su baricentro de la sección efectiva calculada a tracción. La resistencia axial nominal, P_n , se calcula de la siguiente manera:

$$P_n = A_e * F_n, \quad \Omega_c = 1,80 \quad \text{Ec. (1.46)}$$

Donde:

A_e : Superficie efectiva

F_n se determina de la siguiente manera:

Para $\lambda_c \leq 1,5$

$$F_n = (0,658^{\lambda_c^2}) * F_y \quad \text{Ec. (1.47)}$$

Para $\lambda_c > 1,5$

$$F_n = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) * F_y \quad \text{Ec. (1.48)}$$

Donde:

$$\lambda_c^2 = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad \text{Ec. (1.49)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad \text{Ec. (1.50)}$$

Donde:

F_e : esfuerzo de pandeo elástico MPa

E = Módulo de elasticidad longitudinal MPa

⁵⁷ Especificación para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío; AISI; 1996; pág.: 65

K = Factor de longitud efectiva

L = Longitud no arriostrada del miembro mm

r = Radio de giro de la sección transversal total no reducida mm

1.5.14. DISEÑO DE JUNTAS EMPERNADAS (AISC)⁵⁸

Las conexiones de elementos estructurales son de suma importancia en el comportamiento general de una estructura lo que hace que sea necesario poner mucha atención y cuidadoso análisis. La principal especificación que hace referencia a estos pernos es la norma ASTM.

1.5.14.1. Pernos de alta resistencia

Los pernos de alta resistencia están especificados bajo normas ASTM A325 y A490. El perno A325 es fabricado bajo tratamiento térmico y con un acero temperado de medio carbono, el perno A490 es de un acero de baja aleación y templado, tiene propiedades mecánicas más altas que el A325.



Figura 1.29: Perno de alta resistencia⁵⁹

1.5.14.2. Pretensión en pernos

La instalación debe cumplir con los requisitos aplicables por la especificación con modificaciones según lo requiera para el diámetro aumentado y/o la longitud para proveer la pretensión de diseño.

⁵⁸ AISC; "Steel Construction Manual"; 14va Edición; Capítulo J; 16.1-118; 16.1-128

⁵⁹ <http://hechoenmexicob2b.com/home/products/view/3169>

Pretensión Mínima de Pernos, kN*		
Tamaño Perno, mm	Pernos A325	Pernos A490
M 16	91	114
M 20	142	179
M 22	176	221
M 24	205	257
M 27	267	334
M 30	326	408
M 36	475	596

* Igual a 0.70 veces la resistencia última de los pernos, redondeada al valor entero más cercano, tal como lo especifican las Especificaciones ASTM para pernos A325 y A490 con hilo UNC.

Tabla 1.10: Pretensión mínima de pernos⁶⁰

1.5.14.3. Alojamiento de los pernos

Para las torres se deben proveer perforaciones estándar y no perforaciones de ranura ni con sobremedida. Los tamaños estándar de perforaciones para pernos se detallan en la Tabla 1.11 tomada de la norma AISC.

Dimensiones de Agujero Nominal, in				
Diámetro Perno	Dimensiones Agujero			
	Estándar (Dia.)	Sobremedida (Dia.)	Ranura Corta (Ancho x Largo)	Ranura Larga (Ancho x Largo)
1/2	9/16	5/8	9/16 x 11/16	9/16 x 11/4
5/8	11/16	13/16	11/16 x 7/8	11/16 x 19/16
3/4	13/16	15/16	13/16 x 1	13/16 x 17/8
7/8	15/16	1 1/16	15/16 x 11/8	15/16 x 23/16
1	1 1/16	1 1/4	11/16 x 1 5/16	11/16 x 2 1/2
≥ 1 1/8	$d + 11/16$	$d + 5/16$	$(d + 1/16) \times (d + 3/8)$	$(d + 1/16) \times (2.5 + d)$

Tabla 1.11: Dimensiones de agujero nominal⁶¹

⁶⁰ AISC; "Steel Construction Manual"; 14va Edición; Tabla J3.1; 16.1-119

⁶¹ AISC; "Steel Construction Manual"; 14va Edición; Tabla J3.1; 16.1-121

1.5.14.4. Separación mínima entre agujeros

En la Figura 1.30 se indican las distancias entre pernos y bordes donde:

g = espaciamento transversal de centro a centro entre los conectores (gramil).

dc = distancia de canto o al borde desde el centro del conector.

s = espaciamento longitudinal de centro a centro entre los conectores (paso).

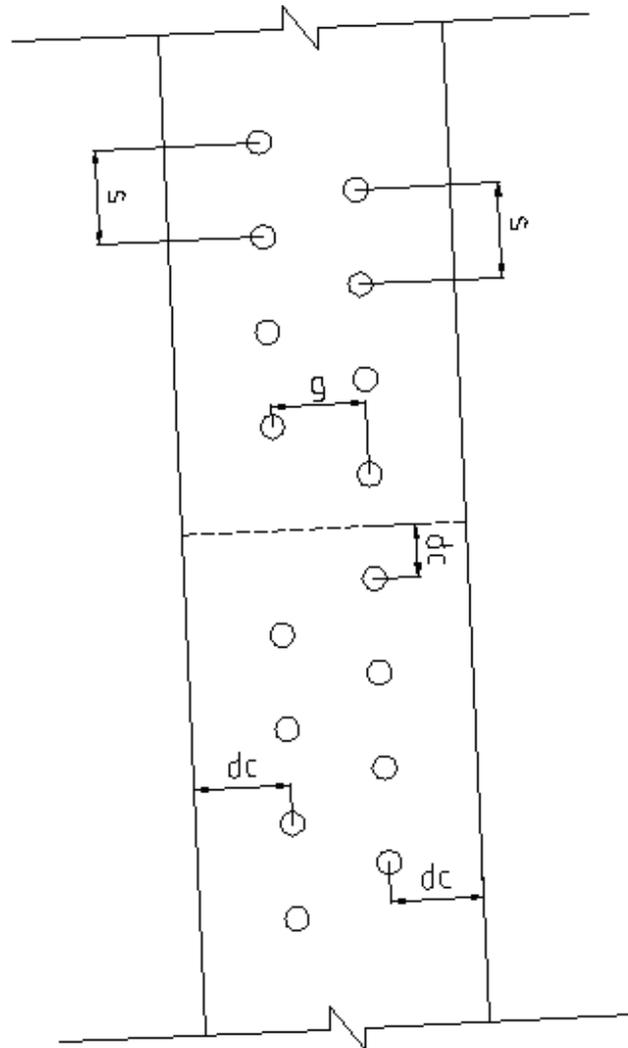


Figura 1.30: Espaciamentos entre pernos y bordes

1.5.14.4.1. Espaciamento mínimo

La distancia entre centros de perforaciones estándar, sobremedidas o ranuradas, no debe ser menor que $8/3$ (2,67) veces el diámetro nominal del conector, de preferencia se suele usar una distancia de 3 veces el diámetro nominal.

1.5.14.4.2. Distancia mínima al borde

La distancia desde el centro de una perforación estándar hasta el borde de una parte conectada en cualquier dirección no debe ser menor que el valor aplicable de la Tabla 1.12.

Distancia Mínima al Borde ^[a] , in, desde el Centro del Agujero Estándar ^[b] hasta el Borde de la Parte Conectada		
Diámetro Perno (in)	En bordes aserrados	En bordes laminados de Planchas, Perfiles o Barras, o en bordes por corte térmico ^[c]
1/2	7/8	3/4
5/8	1 1/8	7/8
3/4	1 1/4	1
7/8	1 1/2 ^[d]	1 1/8
1	1 3/4 ^[d]	1 1/4
1 1/8	2	1 1/2
1 1/4	2 1/4	1 5/8
Sobre 1 1/4	1 3/4 x <i>d</i>	1 1/4 x <i>d</i>

^[a] Se permite utilizar distancias de borde menor provisto que se satisfacen las disposiciones de la Sección J3.10, de forma apropiada.
^[b] Para agujeros sobretamaño y ranurados, ver la Tabla J3.5.
^[c] Se permite que todas las distancias de borde en esta columna sean reducidas 1/8 in cuando el agujero esta en un punto donde la resistencia requerida no exceda de 25% de la resistencia máxima en el elemento.
^[d] Se permite que estas sean 1 1/4 in en ambos extremos de los ángulos de conexión de vigas y en placas de cabeza de corte.

Tabla 1.12: Distancia mínima al borde⁶²

1.5.14.5. Diseño a fatiga⁶³

De acuerdo con la norma AISC se realiza el diseño a fatiga para miembros y conexiones cuando están sometidos a cargas repetidas. No es necesario verificar el diseño a fatiga en caso de sismo o viento en edificaciones diseñadas adecuadamente para resistir cargas laterales ni en los componentes de los miembros de cierre de estas edificaciones.

⁶² AISC; "Steel Construction Manual"; 14va Edición; Tabla J3.4; 16.1-123

⁶³ AISC; "Steel Construction Manual"; 14va Edición; Capítulo B3.11; 16.1-13

1.5.14.6. Pernos de alta resistencia en conexiones de deslizamiento crítico⁶⁴

Las conexiones de alta resistencia en conexiones de deslizamiento crítico para prevenir el deslizamiento para el estado límite de servicio o para satisfacer el estado límite de resistencia requerida. Las conexiones se deben verificar en su resistencia a corte y al aplastamiento de acuerdo con la norma AISC.

La resistencia de deslizamiento disponible, R_n/Ω se determina para el estado límite de deslizamiento de la siguiente forma:

$$R_n = \mu D_u h_{sc} T_b N_s \quad \text{Ec. (1.51)}$$

- a) Para las conexiones en que la prevención del deslizamiento es un estado límite de servicio:

$$\Omega = 1,5$$

- b) Para las conexiones diseñadas para prevenir el deslizamiento para el nivel de resistencia requerida:

$$\Omega = 1,76$$

Donde:

- μ = coeficiente de deslizamiento promedio para superficies Clase A o B, cuando sea aplicable, determinado mediante ensayos.
 = 0,35: para superficies Clase A (superficies de acero sin pintar, limpias, con escamas de fábrica o superficies con baño Clase A en acero limpiado a chorro de arena y galvanizada en caliente y superficies rugosas).
 = 0,5; para superficies Clase B (superficies de acero sin pintar, limpiadas mediante chorro de arena o superficies con baño Clase B en acero limpiado mediante chorro de arena).

⁶⁴ AISC; "Steel Construction Manual"; 14va Edición; Capítulo J3.8; 16.1-126

- D_u = 1,13; multiplicador que refleja la razón entre la pretensión media del perno instalado y la pretensión mínima especificada del perno.
- h_{sc} = factor de perforación, determinado según se indica a continuación:
- Para perforaciones de tamaño estándar: $h_{sc} = 1,00$
 - Para perforaciones sobremedidas y de ranura corta: $h_{sc} = 0,85$
 - Para perforaciones de ranura larga: $h_{sc} = 0,70$
- N_s = número de planos de deslizamiento.
- T_b = tracción mínima del conector.

1.5.14.7. Resistencia de aplastamiento de perforaciones de pernos⁶⁵

La resistencia al aplastamiento disponible, R_n/Ω , en perforaciones de pernos se determina para el estado límite de aplastamiento como se muestra a continuación:

$$\Omega=2,00$$

- Para un perno en una conexión con perforaciones estándar, sobremedidas y de ranura corta, independiente de la dirección de carga, o en perforaciones de ranura larga con la ranura paralela a la dirección de la fuerza de aplastamiento:

- Cuando la deformación en la perforación del perno bajo cargas de servicio se considera en el diseño:

$$R_n=1,2L_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \quad \text{Ec. (1.52)}$$

- Cuando la deformación en la perforación del perno bajo cargas de servicio no se considera en el diseño:

$$R_n=1,5L_c t F_u \leq 3,0 d t F_u \quad \text{Ec. (1.53)}$$

⁶⁵ AISC; "Steel Construction Manual"; 14va Edición; Capítulo J3.10; 16.1-127

- b) Para un perno en una conexión con perforaciones de ranura larga con la ranura perpendicular a la dirección de la fuerza:

$$R_n = 1,0L_c t F_u \leq 2,0dt F_u \quad \text{Ec. (1.54)}$$

- c) Para conexiones hechas utilizando pernos que pasan completamente a través de miembros cajón no atiesados o perfiles tubulares (revisar norma AISC).

Donde:

d = diámetro nominal del perno, cm (mm)

F_u = resistencia última mínima especificada del material conectado, kgf/cm²

L_c = distancia libre, en la dirección de la carga, entre el borde de la perforación y el borde de la perforación adyacente o borde del material, cm (mm).

t = espesor del material conectado, cm (mm).

La resistencia al aplastamiento de las conexiones se debe tomar como la suma de las resistencias de aplastamiento de los pernos individuales.

La resistencia al aplastamiento debe ser revisada tanto para las conexiones de tipo aplastamiento como para las de deslizamiento crítico.

1.5.14.8. Resistencia de tracción y corte de pernos y partes enroscadas⁶⁶

La resistencia de diseño a corte R_n/Ω de un perno de alta resistencia con apriete ajustado o pretensionado o de una parte roscada se debe determinar con los límites de fractura en corte como se indica a continuación:

$$R_n = F_n A_b \quad \text{Ec. (1.55)}$$

$$\Omega = 1,5$$

⁶⁶ AISC; "Steel Construction Manual"; 14va Edición; Capítulo J3.6; 16.1-125

Donde:

F_n = tensión de tracción o de corte nominal del perno.

A_b = área bruta del perno o parte roscada.

1.6. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO⁶⁷

1.6.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA Y SU DISTRIBUCIÓN.

Para la selección del tipo de estructura se debe tener en cuenta fundamentalmente: la economía, la estética y su servicio, tomando en cuenta que el tipo y la distribución pueden ser adoptadas en base a otras consideraciones como son los requerimientos del cliente o la experiencia y decisión del diseñador.

1.6.2. DETERMINACION DE LAS CARGAS

Una vez se ha establecido el tipo de la estructura bajo los criterios mencionados u otro, ya se puede hacer una estimación de las cargas actuantes y la distribución de los miembros que se establecen desacuerda a las magnitudes de las cargas aplicadas.

1.6.3. DETERMINACIÓN DE MOMENTOS Y FUERZAS INTERNAS

Para los miembros estructurales estáticamente determinados que están sujetos a cargas estáticas los momentos se calculan en condiciones de equilibrio. Para estructuras estáticamente indeterminadas se debe hacer estimaciones en las dimensiones de los miembros y determinar los esfuerzos.

1.6.4. DIMENSIONAMIENTO DE MIEMBROS Y CONEXIONES

Una vez obtenido las fuerzas internas actuantes en cada miembro y se ha seleccionado el tipo de material a utilizar, se puede dimensionar cada uno de los miembros de la estructura tomando en cuenta: la rigidez y resistencia, facilidades de conexión y el factor económico.

⁶⁷ BRESLER B., T. Y. LIN, JHON B. SCALZI; Diseño de estructuras de acero; Limusa; Novena Edición; 1997; pág. 26,27,28 y 29

1.6.5. REVISIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Una vez dimensionado los miembros se debe revisar y comprobar si el diseño satisface los requerimientos necesarios para el servicio. Se debe verificar el comportamiento a fatiga, efectos de corrosión, esfuerzos por temperatura, esfuerzos por asentamiento de los apoyos, y cualquier condición que pueda afectar el funcionamiento de la estructura.

1.6.6. REVISIÓN FINAL

Una vez cumplidos los pasos del 1 al 5 es necesario hacer la verificación de los pesos supuestos para la estructura corresponda con el peso real obtenida en el diseño.

CAPITULO 2

2. INVENTARIO

En este capítulo se presenta un inventario de las torres auto soportado y torres atirantadas existentes alrededor del país, incluyendo su geometría, dimensiones, antenas instaladas y perfilaría.

2.1. TORRES AUTOSOPORTADAS

	CÓDIGO	LOCALIZACIÓN	RADIOBASE	OPERADORA	ALTURA [mm]	ANTENAS INSTALADAS
1	A001	Balao Grande- Guayas	BALAO CENTRAL	CNT	25000	2
2	A002	Empa lme-Guayas	EMPALME	CNT	45000	16
3	A003	Manabí	CERRO DE HOJAS	CNT	50000	23
4	A004	Virgen de Fátima- Guayas	VIRGEN DE FATIMA	CNT	60000	18
5	A005	Guayaquil-Guayas	CERRO EL CARME	CNT	33000	31
6	A006	Puerto Ayora-Santa Cruz-Galápagos	REPETIDORA PUERTO AYORA	CNT	35250	18
7	A007	La tola	LA TOLA	CNT	30000	3
8	A008	Arenillas-El Oro	ARENILLAS		30000	
9	A009	Arenillas-El Oro	LOMA QUITO	CNT	30000	5
10	A010	Arenillas -El Oro	ARENILLAS	CNT	30000	9
11	A011	Guamote- Chimborazo	REPETIDORA GUAMOTE	CNT	60000	2
12	A012	San Lorenzo- Esmeraldas	SAN LORENZO	CNT	40000	12
13	A013	Atacanes- Esmeraldas	DON JUAN	CNT	60000	13
14	A014	Mira-Carchi	MIRA	CNT	32000	16
15	A015	Muisne-Esmeraldas	SALIMA	CNT	54000	5
16	A016	Atacanes- Esmeraldas	REPETIDORA QUITITO	CNT	60000	8

17	A017	Imbabura-Vía a San Lorenzo	REPETIDORA LA BELLEZA	CNT	30000	5
18	A018	Joya de los Sachas-Francisco de Orellana	CENTRAL LA JOYA DE LOS SACHAS	CNT	30000	7
19	A019	Cañar-Azuguez	ESTACIÓN AZOGUES	CNT	55000	19
20	A020	Sigchos-Chugchican-Cotopaxi	CHUGCHIIAN	CNT	6000	2

Tabla 2.1: Torres autosoportadas

2.2. TORRES ATIRANTADAS

	CÓDIGO	LOCALIZACIÓN	RADIOBASE	OPERADORA	ALTURA [mm]	ANTENAS INSTALADAS
1	T001	Quinindé-La Unión	BOCANO DEL CAMPO	CNT	50200	4
2	T002	Azucena-Manabí	AZUCENA	CNT	35000	7
3	T003	Junín-Manabí	REPETIDORA JUNÍN	CNT	24000	1
4	T004	Isla Puná-Guayas	PUNÁ	CNT	25000	8
5	T005	Imbabura-Vía a San Lorenzo	REPETIDORA LA CAROLINA	CNT	7450	1

Tabla 2.2: Torres atirantadas

En el ANEXO E se presenta el respaldo de cada una de las torres tanto autosoportadas como torres atirantadas, incluyendo tipo, dimensiones, cantidad, ubicación y tamaño de las antenas instaladas.

2.3. ANTENAS DE TELECOMUNICACIÓN

Las antenas de telecomunicación son dispositivos cuyas funciones son la recepción y la emisión de señales (Ondas electromagnéticas), transformando voltaje en ondas electromagnéticas en el caso de las antenas de recepción y viceversa en las antenas de emisión.



Figura 2.1: Antena de telecomunicación⁶⁸

De acuerdo a cada necesidad, existe una gran diversidad de antenas de diferentes formas, dimensiones y pesos que son montadas sobre las torres metálicas para ejecutar su función de emisión y recepción de señales, a continuación se presenta una tabla que muestra ciertas características de las antenas.

PESOS ANTENAS TELECOMUNICACIONES			
ITEM	TIPO DE ANTENA	DIMENSIÓN (m)	PESO N
1	MICROONDA MW	0.20 diámetro	32
2	MICROONDA MW	0.30 diámetro	40
3	MICROONDA MW	0.60 diámetro	68
4	MICROONDA MW	0.80 diámetro	80
5	MICROONDA MW	0.90 diámetro	90
6	MICROONDA MW	1.00 diámetro	100
7	MICROONDA MW	1.20 diámetro	120
8	MICROONDA MW	1.80 diámetro	180
9	MICROONDA MW	2.00 diámetro	220
10	MICROONDA MW	2.50 diámetro	270
11	MICROONDA MW	3.00 diámetro	350

⁶⁸ <http://www.fotosdigitalesgratis.com/rubros/69/telecomunicaciones>

12	MICROONDA MW	4.00 diámetro	750
13	SECTORIALES	1.80 largo	54
14	Antena DB-224 ^a	6.30 largo	63
15	Antena Yagi 6 elementos VHF	1.80 largo	30
16	Maxrad MYA-4305	0.80 largo	30
17	Antena Panel / Nokia - 800 MHz - GSM	1.80 largo	35
18	Antena Omni Hiperlink 15 Dbi	1.03 largo	3

Tabla 2.3: Dimensiones y pesos de antenas de telecomunicación

2.4. TIPOS DE ANTENAS

2.4.1. ANTENAS ALÁMBRICAS

Están constituidos por hilos conductores los mismos que soportan la corriente que dará origen a los campos radiados. Los hilos pueden ser de forma recta, rómbica, circular y espiral.



Figura 2.2: Antena alámbrica⁶⁹

⁶⁹ http://fuentesdx.blogspot.com/2011_02_01_archive.html

2.4.2. ANTENAS DE APERTURA Y REFLECTORES



Figura 2.3: Antena de apertura⁷⁰

Las antenas de apertura son las bocinas de forma piramidal o cónica, las aperturas y ranuras sobre planos conductores las bocas de guía. Los reflectores más comunes son de forma parabólica y son útiles para comunicación a grandes distancias.

2.5. COBERTORES PARA ANTENAS

En la instalación de cualquier tipo de antenas estas pueden llevar cobertores como se muestra en la Figura 2.4. el mismo que reduce la resistencia al viento y protege a la antena del polvo, hielo y nieve.



Figura 2.4: Cobertores para antenas de telecomunicación⁷¹

⁷⁰ http://www.granviashop.com/index.php?compra=comprar_en_tiendas

⁷¹ <http://www.telecombol.com/2011/08/att-antenas-de-telefonía-celular-no.html>

2.6. APLICACIONES

2.6.1. ANTENAS OMNIDIRECCIONAL

Las antenas omnidireccionales están alineados al aire libre presenta en su servicio una gran área de 360 grados a través de los medios de un patrón de omnidireccional. Son la solución más económica para el punto de acceso o para cubrir escasamente zonas pobladas. Los rangos son típicamente de cinco a un máximo de ocho millas.



Figura 2.5: Antena omidireccional⁷²

2.6.2. ANTENAS SECTORIALES

Este tipo de antenas de microondas se utilizan para sectorizar el área de cobertura en 60, 90, o 120 grados anchos de banda, con más rigurosidad y una cobertura más amplia disponible. Estas antenas son un tipo de conector N (hembra) y pueden ser ambientes al aire libre.

2.6.3. ANTENAS YAGI

La antena Yagi tiene varios pares de elementos de tubo de metal previstas paralelas entre sí en otro tubo largo que sirve como una columna vertebral, tienen buen rendimiento y baja resistencia al viento.

⁷² http://iesramonycajaltocina.es/ciclo/Vocabulario/vocabulario_t8/html/omnidireccional.html

Un par de elementos funciona como una antena de dipolo tradicional; las demás refuerzan la señal de radio entrante, aumentando su fortaleza. La antena Yagi es la antena familiarizado para TV que se ve en los tejados de las casas.

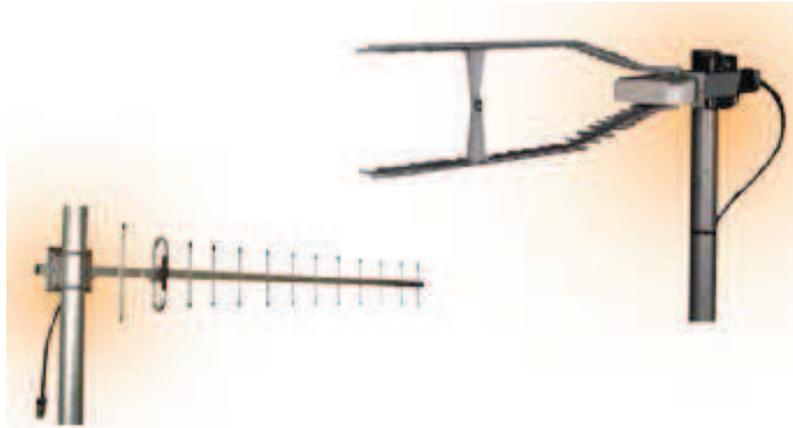


Figura 2.6: Antena YAGI⁷³

2.6.4. ANTENAS PANEL PLANO

Antenas direccionales ofrecen pantalla plana de alta ganancia en un paquete delgado de perfil bajo. Las antenas se construyen de un color gris UV resistente ABS de plástico con una placa trasera de aluminio. La antena se puede utilizar en polarización horizontal o vertical.



Figura 2.7: Antena panel plano⁷⁴

⁷³ <http://antenasulat2012.blogspot.com/p/funcionamiento-de-la-antena-yagi.html>

⁷⁴ <http://www.zdacomm.com/wireless-antenna-category-a-z/flat-panel-antenna/>

2.6.5. ANTENAS PARABÓLICAS

Estas antenas usan un plato reflector con la forma de una parábola para enfocar las ondas de radio recibidas por la antena hacia un punto focal. La antena parabólica es muy direccional.



Figura 2.8: Antena parabólica⁷⁵

⁷⁵ <http://hogar.pisos.com/bricolaje/tus-reformas/trucos-de-bricolaje/como-orientar-tu-antena-parabolica/>

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LAS TORRES TIPO

3.1. SELECCIÓN DE LA TORRE TIPO AUTOSOPORTADA

De acuerdo al inventario recopilado referente a estructuras tipo torre autosoportadas se observa que existen ciertas variantes en cada una de ellas por la cual es importante seleccionar una de ellas como torre tipo para de esta forma tratar de estandarizar el análisis estructural que se desarrollará para este tipo de estructuras.

3.1.1. ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN

Una de las variantes de más importancia y fácil de detectar en este tipo de estructuras es la geometría la base, de la cual se derivan otros factores a considerar como son la perfilaría a usar, estabilidad, altura, capacidad máxima de carga, resistencia a la torsión, etc. Es por estos motivos que se realizará un análisis para escoger una de ella como torre tipo, siendo las alternativas A y B como se indican a continuación:

A	Base Cuadrada
B	Base Triangular

Tabla 3.1: Alternativas de selección torre autosoportada

3.1.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN

I	Altura
II	Geometría
III	Peso Estructural
IV	Costo
V	Estabilidad

Tabla 3.2: Criterios de selección torre autosoportada

	I	II	III	IV	V	Ponderación	
A	8	7	7	6	10	20%	I
B	10	8	10	9	10	20%	II
						20%	III
						30%	IV
						10%	V
Suma	18	15	17	15	20	1	

Tabla 3.3: Valores de importancia para criterios y alternativas torre autosoportada

	I	II	III	IV	V	Ponderación
A	0,444	0,467	0,412	0,400	0,500	20%
B	0,556	0,533	0,588	0,600	0,500	20%
						20%
						30%
						10%
Suma	1	1	1	1	1	1

Tabla 3.4: Tabla normalizada torre autosoportada

A	0.43
B	0.57

Tabla 3.5: Índices relativos de importancia torre autosoportada

De esta forma se puede observar que el índice relativo de importancia de la opción B es mayor a la de la opción A por lo cual se escoge la torre autosoportada de base triangular para el análisis respectivo.

En base al inventario se escoge para el análisis la torre autosoportada de base triangular de la localidad Virgen de Fátima en la provincia del Guayas cuyas características se muestran en la Figura 3.1, 3.2 y 3.3.

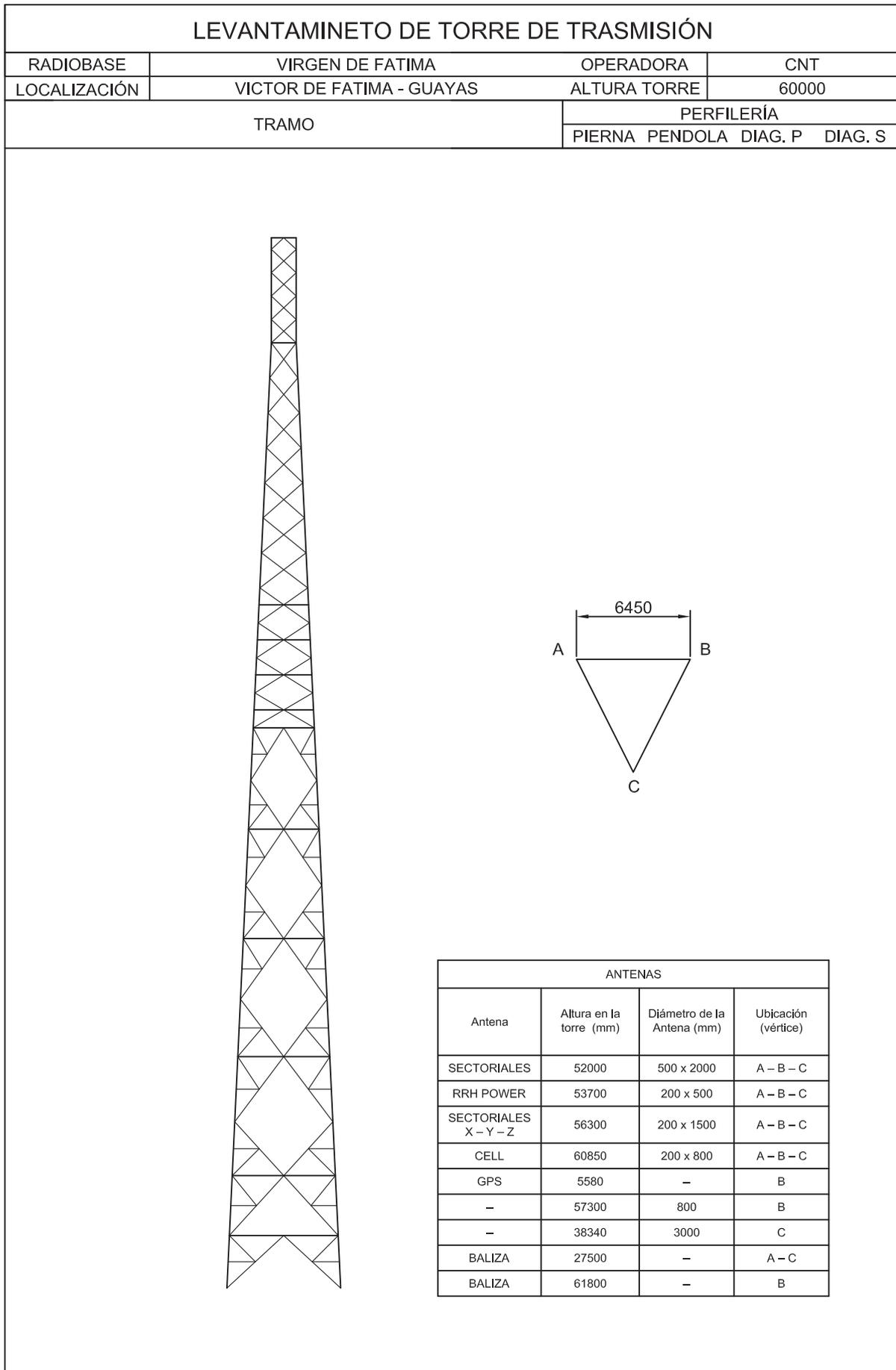


Figura 3.1: Perfiles de la torre autoportada

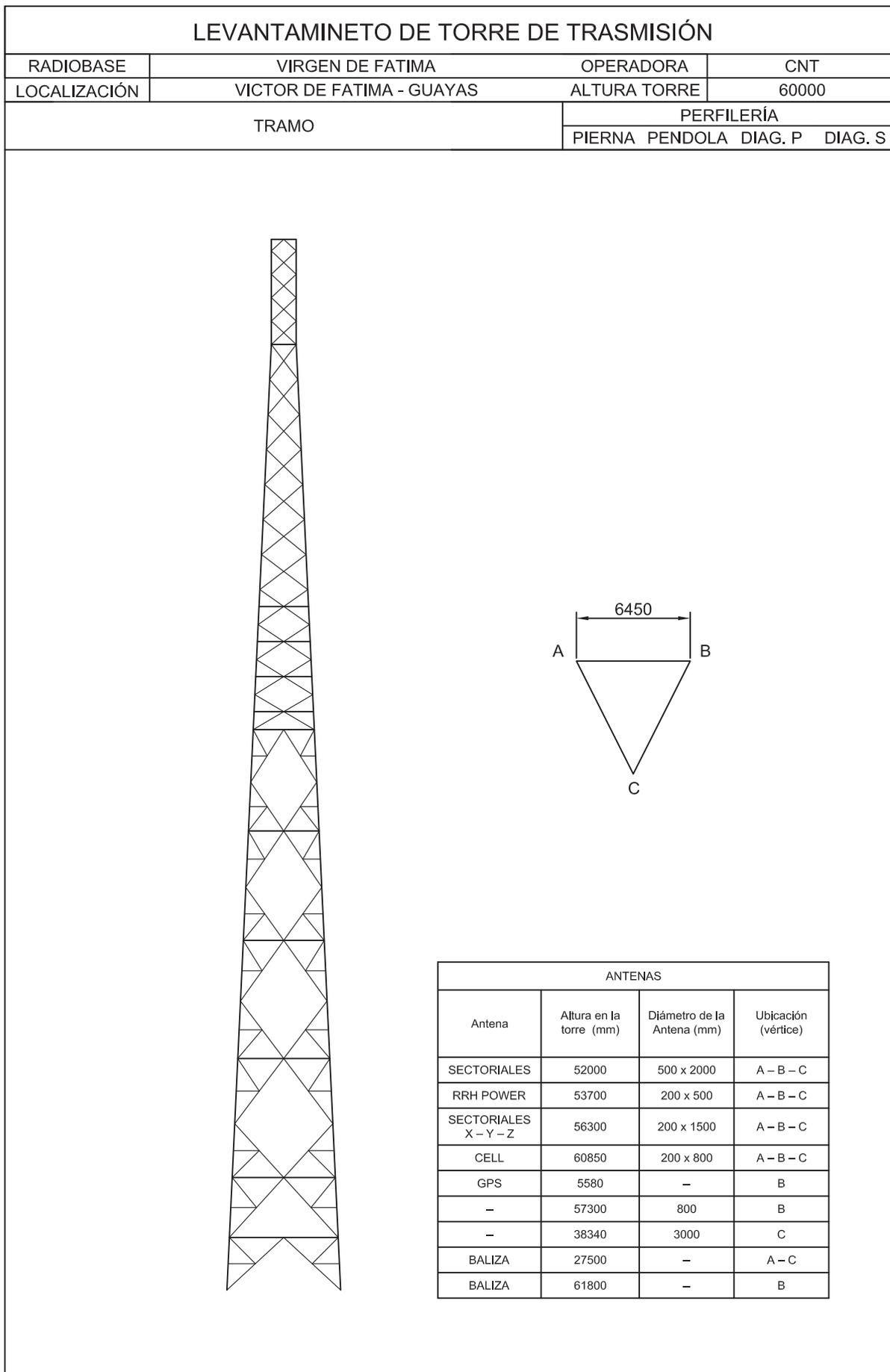


Figura 3.2: Equipos existentes en la torre autoportada



Figura 3.3: Torre autoportada seleccionada⁷⁶

⁷⁶ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

3.2. SELECCIÓN DE LA TORRE TIPO ATIRANTADA

3.2.1. ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN

Alternativas

A	Base Cuadrada
B	Base Triangular

Tabla 3.6: Alternativas de selección torre atirantada

Criterios de selección

I	Altura
II	Geometría
III	Peso Estructural
IV	Costo
V	Estabilidad

Tabla 3.7: Criterios de selección torre atirantada

	I	II	III	IV	V	Ponderación	
A	8	7	7	6	10	20%	I
B	10	8	10	9	10	20%	II
						20%	III
						30%	IV
						10%	V
Suma	18	15	17	15	20	1	

Tabla 3.8: Valores de importancia para criterios y alternativas torre atirantada

	I	II	III	IV	V	Ponderación
A	0,444	0,467	0,412	0,400	0,500	20%
B	0,556	0,533	0,588	0,600	0,500	20%
						20%
						30%
						10%
Suma	1	1	1	1	1	1

Tabla 3.9: Tabla normalizada torre atirantada

A	0.43
B	0.57

Tabla 3.10: Índices relativos de importancia torre atirantada

De esta forma se puede observar que el índice relativo de importancia de la opción B es mayor a la de la opción A por lo cual se escoge la torre atirantada de base triangular para el análisis respectivo.

En base al inventario se escoge para el análisis la torre atirantada de base triangular de la localidad Bocana del Campo en la provincia de Esmeraldas cuyas características se muestran en las Figuras 3.4, 3.5 y 3.6.

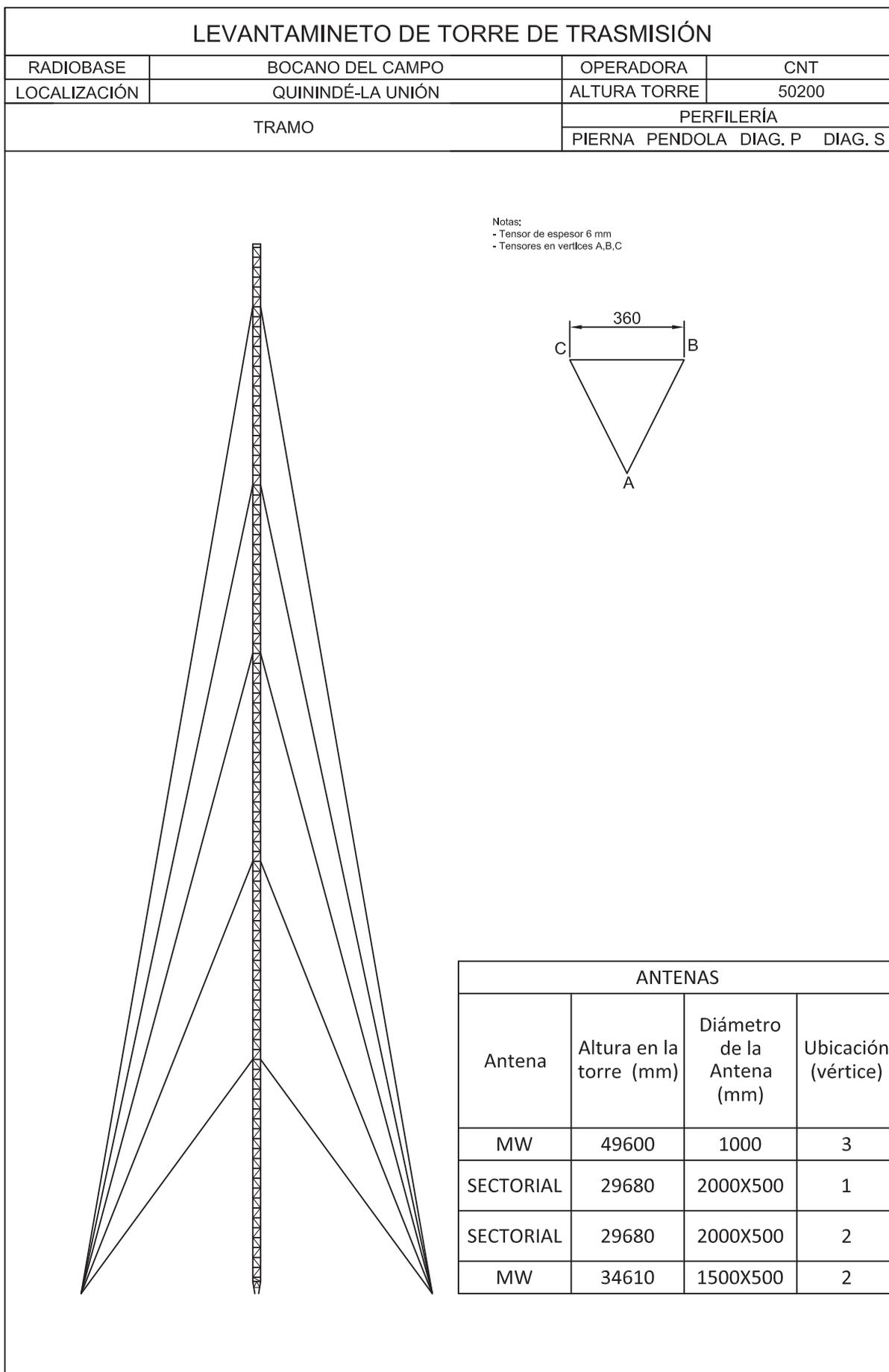


Figura 3.4: Perfiles de la torre atirantada

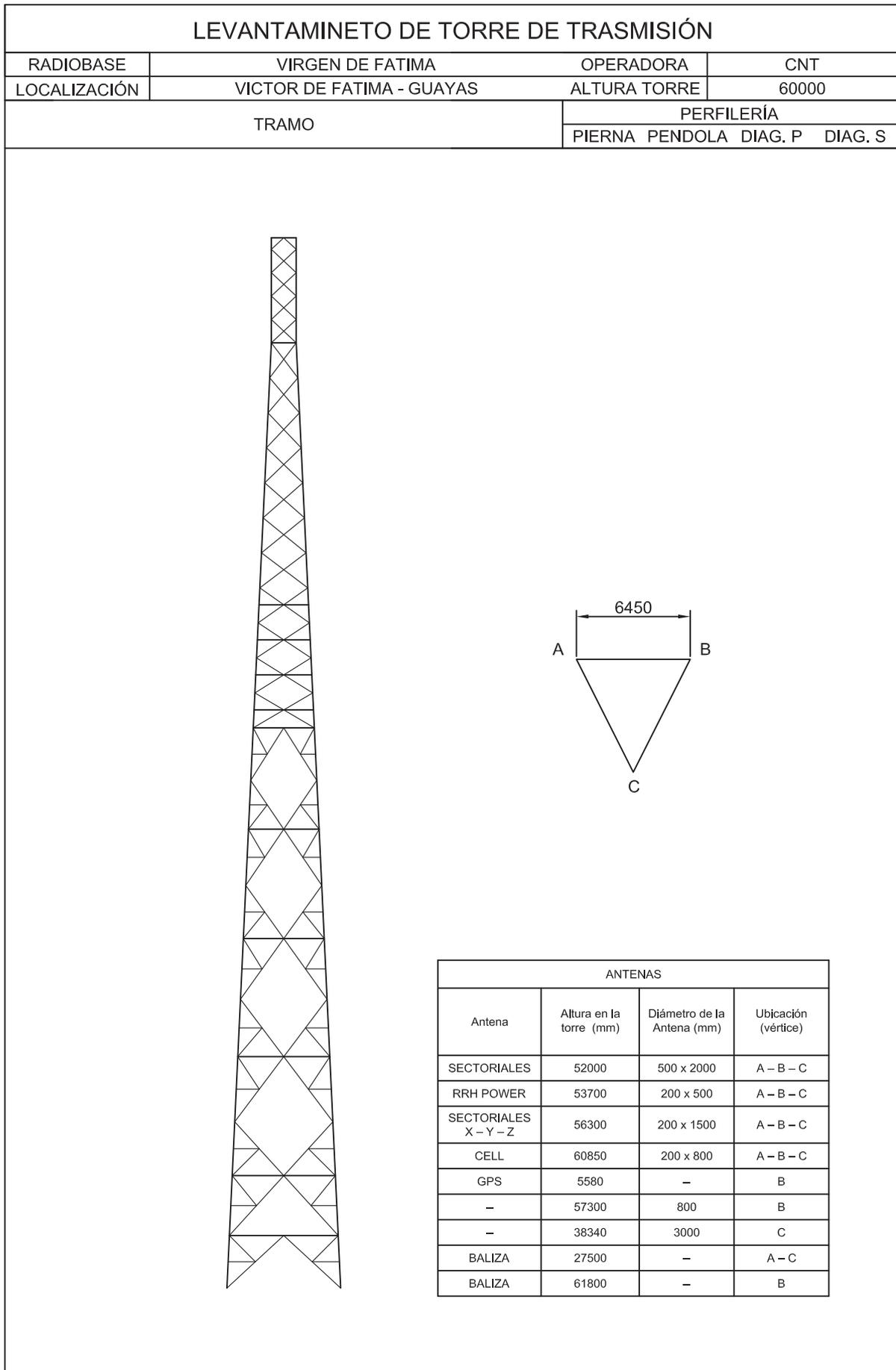


Figura 3.5: Equipos existentes en la torre atirantada



Figura 3. 6: Torre atirantada seleccionada⁷⁷

⁷⁷ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

3.3. CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LAS TORRES

3.3.1. ANÁLISIS DE CARGAS

3.3.1.1. Carga muerta

Carga vertical aplicada sobre una estructura que incluye el peso de la misma estructura más la de los elementos permanentes como riendas, escalerilla y accesorios. También llamada carga permanente, concarga.



Figura 3.7: Carga muerta⁷⁸

3.3.1.1.1. Accesorios

Elementos unidos a la estructura tales como antenas, líneas de transmisión, conductos, equipos de iluminación, escaleras, plataformas, carteles, dispositivos de protección, etc.

- Accesorio puntual.- accesorio cuya carga se puede suponer concentrada en un punto.

⁷⁸ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

- Accesorio lineal.- accesorio cuya carga se puede suponer distribuida sobre una sección de la estructura.

3.3.1.1.5. Carga de seguridad

Las cargas de seguridad, consideran todos los efectos circunstanciales y eventuales que se podrían generar en la Estructura, así como también comprende todos los Sistemas Complementarios de la Torre, como son plataformas, cableado, personal de trabajo, y sistemas de montaje para las torres. Para que el efecto se transmita a toda la torre, las cargas de seguridad están ubicadas en la cresta superior de la estructura (Figura 3.8 y Figura 3.9).

3.3.1.1.3. Peso de las antenas

La carga muerta correspondiente al peso de las antenas tomamos directamente de la información proporcionada por el fabricante y su ubicación para el análisis en la torre depende tanto de la altura como del vértice en el que se encuentren las antenas (Figura 3.10 y Figura 3.11).

Para el análisis estructural de torres se tiene la cantidad de antenas con ciertos parámetros que faciliten el cálculo de las cargas que se van a ejercer sobre las torres. Dichos parámetros se presentan en la Tabla 3.11 y 3.12.

ENLACE	DIMENSIONES (mm)	VÉRTICE	ÁNGULO DE VIENTO (grados)	ALTURA (mm)	PESO (N)
ANTENAS EXISTENTES					
Microonda	Ø800	B	80	50000	784
Microonda	Ø3000	C	90	39000	3430
Sectorial	1500x200	A	N/A	26000	392
Sectorial	1500x200	B	N/A	26000	392
Sectorial	1500x200	C	N/A	26000	392
Sectorial	2000x500	A	N/A	14000	529,2
Sectorial	2000x500	B	N/A	14000	529,2

Sectorial	2000x500	C	N/A	14000	529,2
RRH	500x200	A	N/A	21000	196
RRH	500x200	B	N/A	21000	196
RRH	500x200	C	N/A	21000	196
Celular	500x200	A	N/A	57000	245
Celular	500x200	B	N/A	57000	245
Celular	500x200	C	N/A	57000	245
ANTENAS PROYECTADAS					
Sectorial	1700x200	A	N/A	57000	441
Sectorial	1700x200	B	N/A	57000	441
Sectorial	1700x200	C	N/A	57000	441
PESO TOTAL EXISTENTE					9623,6

Tabla 3.11: Antenas en torre autosoportada

ENLACE	DIMENSIONES (mm)	VÉRTICE	ÁNGULO DE VIENTO (grados)	ALTURA (mm)	PESO (kg)
ANTENAS EXISTENTES					
Microonda	Ø1000	B	60	50000	980
Microonda	Ø1500	C	150	35000	1470
Sectorial	2000x500	A	N/A	30000	529,2
Sectorial	2000x500	B	N/A	30000	529,2
ANTENAS PROYECTADAS					
Sectorial	1800x500	A	N/A	31000	490
Sectorial	1800x500	B	N/A	31000	490
Sectorial	1800x500	C	N/A	31000	490
PESO TOTAL EXISTENTE					1470

Tabla 3.12: Antenas en torre atirantada

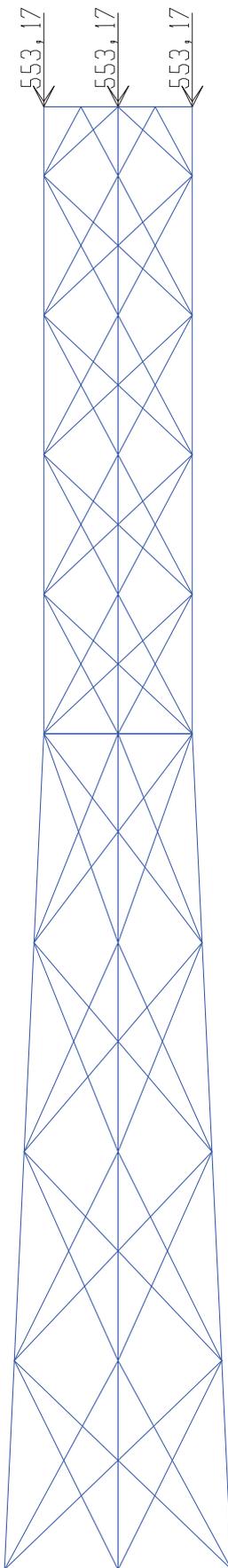


Figura 3.8: Carga de seguridad, torre autoportada

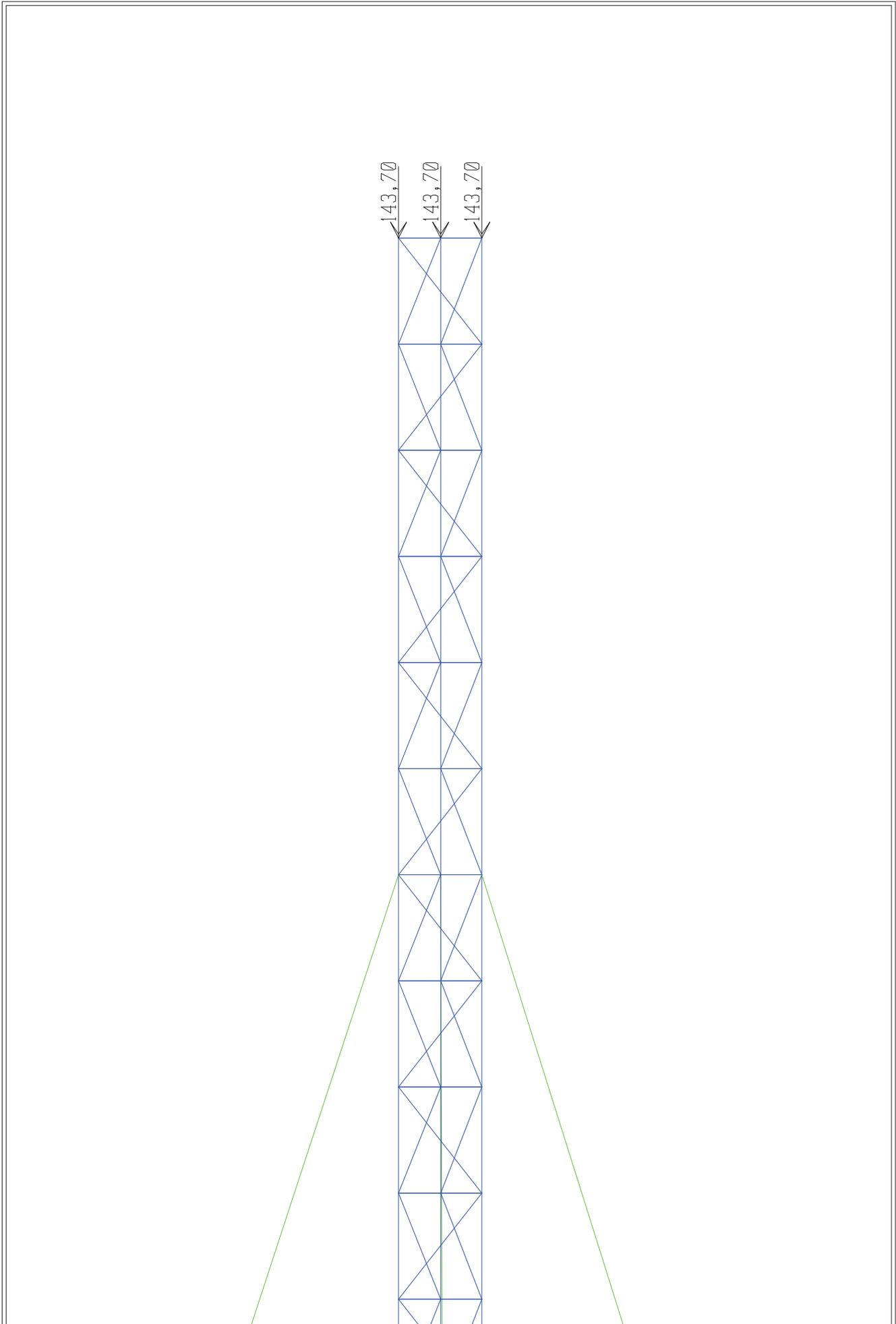


Figura 3.9: Carga de seguridad, torre atirantada

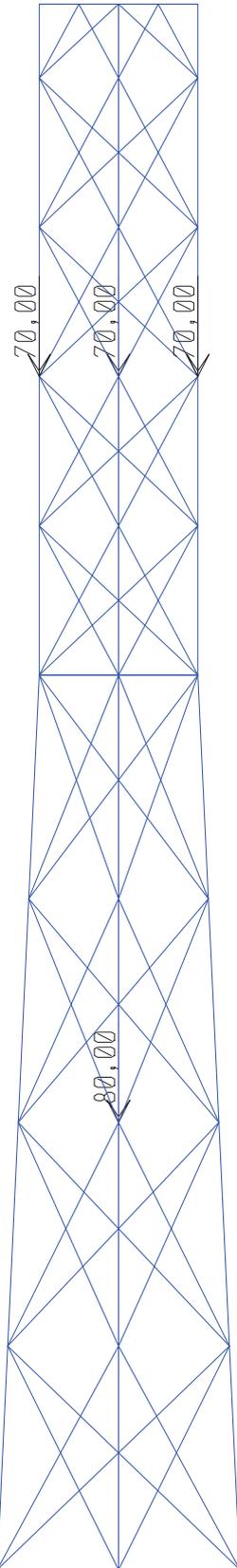


Figura 3.10: Peso de las antenas, torre autoportada

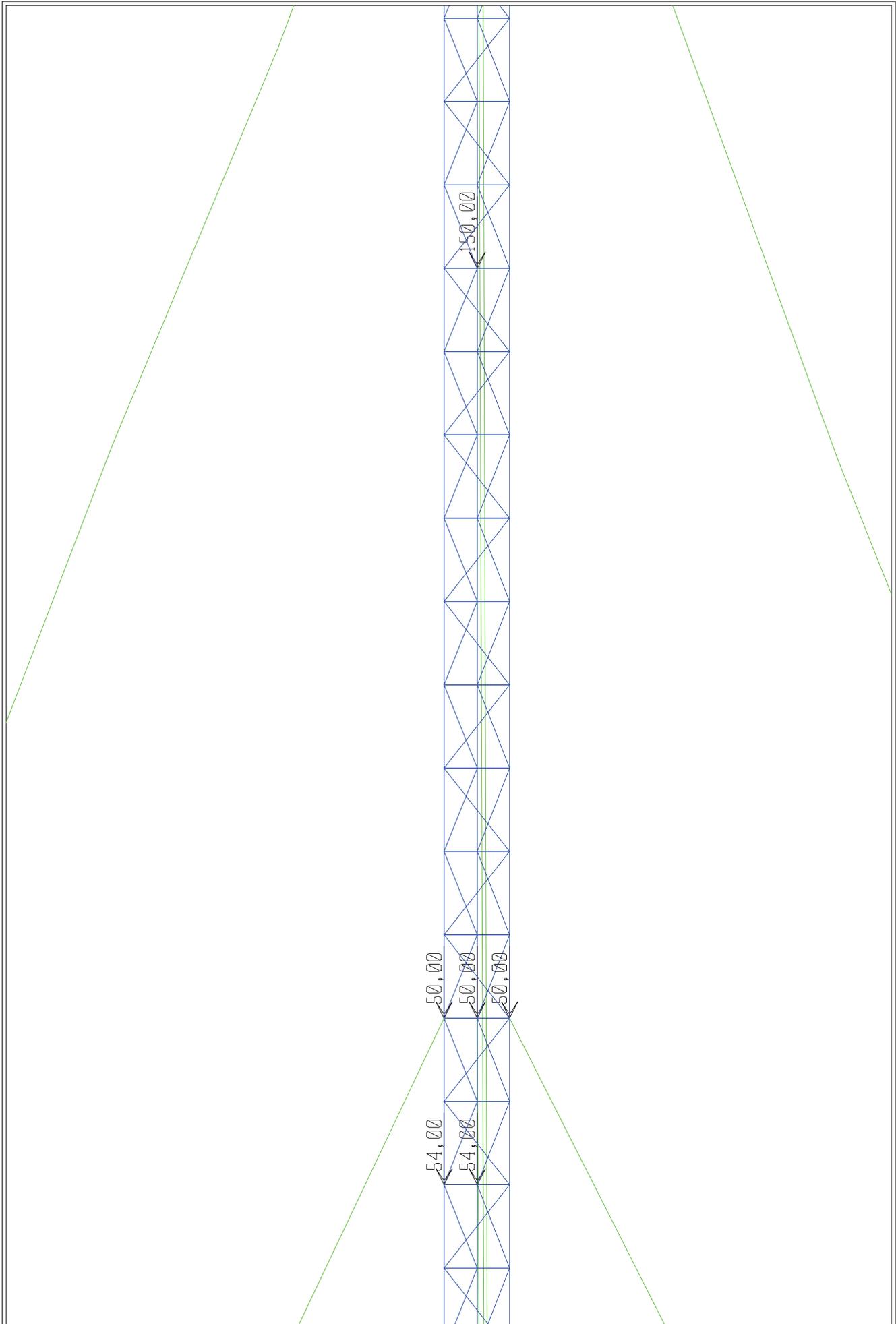


Figura 3.11: Peso de las antenas, torre atirantada

3.3.1.2. Carga viva

Carga externa movable sobre una estructura que incluye el peso de la misma junto con el mobiliario, equipamiento, personas, etc., que actúa verticalmente, por tanto no incluye la carga eólica. También llamada carga variable.

Son aquellas debidas al uso u ocupación de la construcción y que la identifican. Incluyen personas, objetos móviles o divisiones que puedan cambiar de sitio. Generalmente actúan durante períodos cortos de la vida de la estructura. También incluyen el impacto. Su símbolo corresponde a la inicial de Live (viva). También se denominan cargas de “ocupación”. Debido a la dificultad de evaluarlas, se especifican por los Códigos de Construcción, en kN/m^2 en el SI o en kg/m^2 en el MKS. Usualmente se considera que ocupan toda el área del piso como cargas uniformes, aunque en algunos casos puedan estar concentradas en un área específica. (Figura 3.12 y Figura 3.13).

3.3.1.3. Carga de viento sobre las antenas

Para la determinación de la fuerza ejercida por el viento sobre cada una de las antenas en la torre se usa la norma ANSI/TIA/EIA-222-F-1996

Los coeficientes C_A y C_S se toman de la Tabla B3 del ANEXO B, por tanto:

$$C = \sqrt{C_A^2 + C_S^2}$$

$$C = \sqrt{(0,00323)^2 + (0,00025)^2}$$

$$C = 0,00324$$

El área de la antena es:

$$D = 0,8 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \cdot (0,8)^2}{4}$$

$$A = 0,503 \text{ ft}^2$$

El coeficiente de exposición K_z se obtiene con la Ec. 1.7, por tanto:

$$K_z = \left(\frac{50}{10} \right)^{2/7}$$

$$K_z = 1,58$$

El factor de ráfaga G_H se obtiene con la Ec. 1.9, por tanto:

$$G_H = 0,65 \frac{0,6}{(60/10)^{1/7}}$$

$$G_H = 1,11$$

La velocidad del viento para el análisis de las torres se adopta el valor de 120 km/h como requerimiento, ya que en la NEC, cap. 1 se especifica un máximo de 91 km/h y que de acuerdo a los datos proporcionados por el INHAMI (ANEXO C) los vientos no son mayores a 70 km/h.

$$V = 120 \text{ km/h}$$

$$V = 120 / 1,6$$

$$V = 75 \text{ mph}$$

En el caso de una antena paraboloide con protección cilíndrica, la fuerza de viento ejercida sobre la misma se calcula con la Ec. 1.14 y la Ec. 1.15, por tanto se tiene que:

$$F_v = (0,00324)(5,41)(1,58)(1,11)(75)^2$$

$$F_V = 174,02 \text{ lb}$$

Lo que en Newton da:

$$F_V = 775,18 \text{ N}$$

Cuando no se dispone del ángulo se considera las antenas como un objeto plano, en este caso se usa la Ec. 1.17.

El coeficiente de exposición K_Z se obtiene con la Ec. 1.7, por tanto:

$$K_Z = \left(\frac{26}{10} \right)^{2/7}$$

$$K_Z = 1,31$$

La presión de velocidad se calcula con la Ec. 1.5.

$$q_Z = (0,613)(1,58)(120/3,6)$$

$$q_Z = 91,3$$

El coeficiente C se lo obtiene de la Tabla 1.4; por tanto:

$$C = 1,4$$

El área de la antena es:

$$l = 1,5 \text{ m}$$

$$a = 0,2 \text{ m}$$

$$A = l \cdot a$$

$$A = (1,5)(0,2)$$

$$A = 0,3 \text{ m}^2$$

Con la Ec. 1.1 se tiene:

$$F_z = (890,5)(1,11)(1,4)(0,3)$$

$$F_z = 416 \text{ N}$$

Los valores de las cargas de viento para cada antena se presentan en la Tabla 3.13 y 3.14 y su ubicación en la torre en las Figuras 3.14 y 3.15, se presentan en las configuraciones que se indican a continuación. Para el análisis se han considerado ángulos de inclinación críticos, que superponga efectos tanto en las zonas de presión (barlovento), como en las zonas de succión (sotavento).

z (m)	Vv (km/h)	Vv (m/s)	Vv (mill/h)	Kz	Vdis (km/h)	qz (kg/m ²)	GH	C	Dim. (m)	Fv (N)
ANTENAS EXISTENTES										
50	120	33	75	1,584	190	110,1	1,11	0,0032	Ø0,8	775,3
39	120	33	75	1,475	177	102,5	1,11	0,0032	Ø3	10037,5
26	120	33	75	1,314	158	91,3	1,11	1,4	1,5x0,2	418,9
26	120	33	75	1,314	158	91,3	1,11	1,4	1,5x0,2	418,9
26	120	33	75	1,314	158	91,3	1,11	1,4	1,5x0,2	418,9
14	120	33	75	1,101	132	76,5	1,11	1,4	2,0x0,5	1170,0
14	120	33	75	1,101	132	76,5	1,11	1,4	2,0x0,5	1170,0
14	120	33	75	1,101	132	76,5	1,11	1,4	2,0x0,5	1170,0
21	120	33	75	1,236	148	85,9	1,11	1,4	0,5x0,2	131,4
21	120	33	75	1,236	148	85,9	1,11	1,4	0,5x0,2	131,4
21	120	33	75	1,236	148	85,9	1,11	1,4	0,5x0,2	131,4
57	120	33	75	1,644	197	114,3	1,11	1,4	0,8x0,2	279,6
57	120	33	75	1,644	197	114,3	1,11	1,4	0,8x0,2	279,6
57	120	33	75	1,644	197	114,3	1,11	1,4	0,8x0,2	279,6
ANTENAS PROYECTADAS										
57	120	33	75	1,644	197	114,3	1,11	1,4	1,7x0,2	594,1
57	120	33	75	1,644	197	114,3	1,11	1,4	1,7x0,2	594,1
57	120	33	75	1,644	197	114,3	1,11	1,4	1,7x0,2	594,1

Tabla 3.13: Fuerza de viento sobre antenas en torre autosoportada

z (m)	Vv (km/h)	Vv (m/s)	Vv (mill/h)	Kz	Vdis (km/h)	qz (kg/m²)	GH	C	Dim. (m)	Fv (N)
ANTENAS EXISTENTES										
50	120	33	75	1,584	190	110,1	1,13	0,0026	Ø1	1224,7
35	120	33	75	1,430	172	99,4	1,13	0,0025	Ø1,5	2459,7
30	120	33	75	1,369	164	95,1	1,13	1,4	2x0,5	1470,6
30	120	33	75	1,369	164	95,1	1,13	1,4	2x0,5	1470,6
ANTENAS PROYECTADAS										
31	120	33	75	1,382	166	96,0	1,13	1,4000	1,8x0,5	1336,0
31	120	33	75	1,382	166	96,0	1,13	1,4000	1,8x0,5	1336,0
31	120	33	75	1,382	166	96,0	1,13	1,4000	1,8x0,5	1336,0

Tabla 3.14: Fuerza de viento sobre antenas en torre atirantada

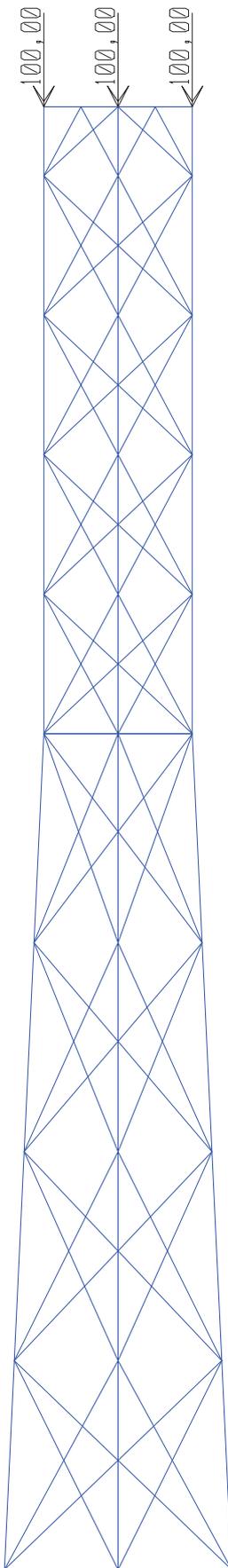


Figura 3.12: Carga viva, torre autoportada

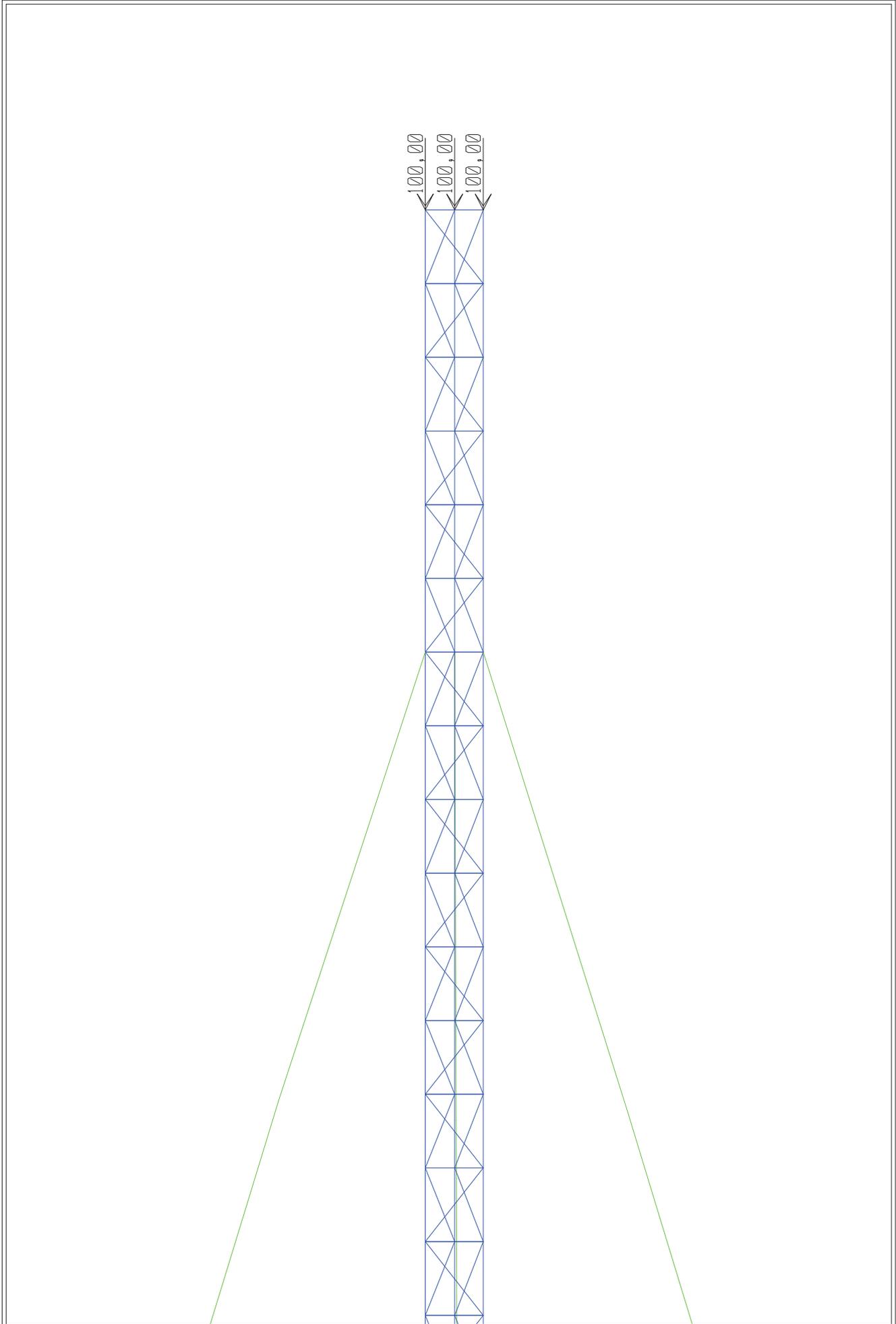


Figura 3.13: Carga viva, torre atirantada

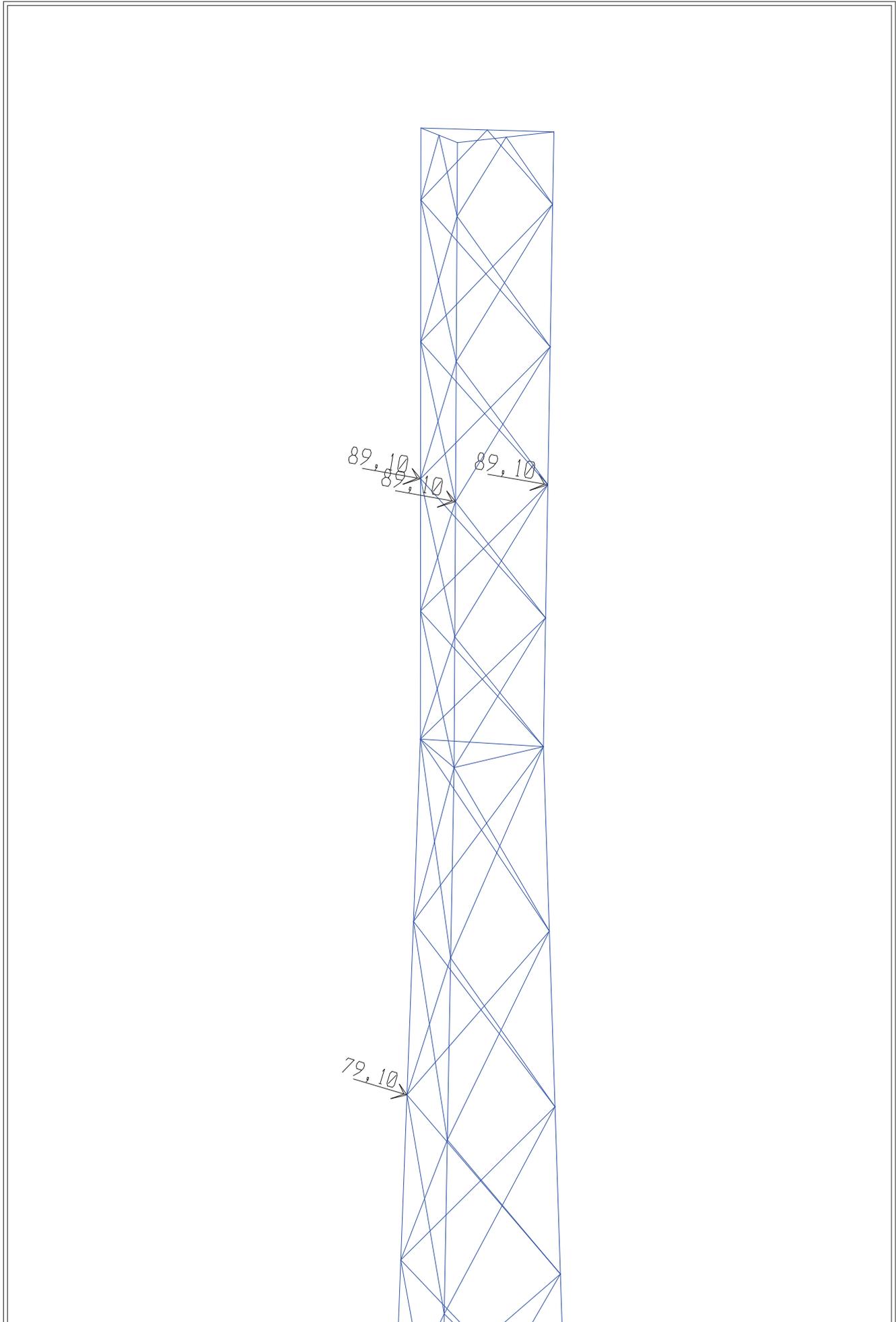


Figura 3.14: Carga de viento sobre antenas, torre autoportada

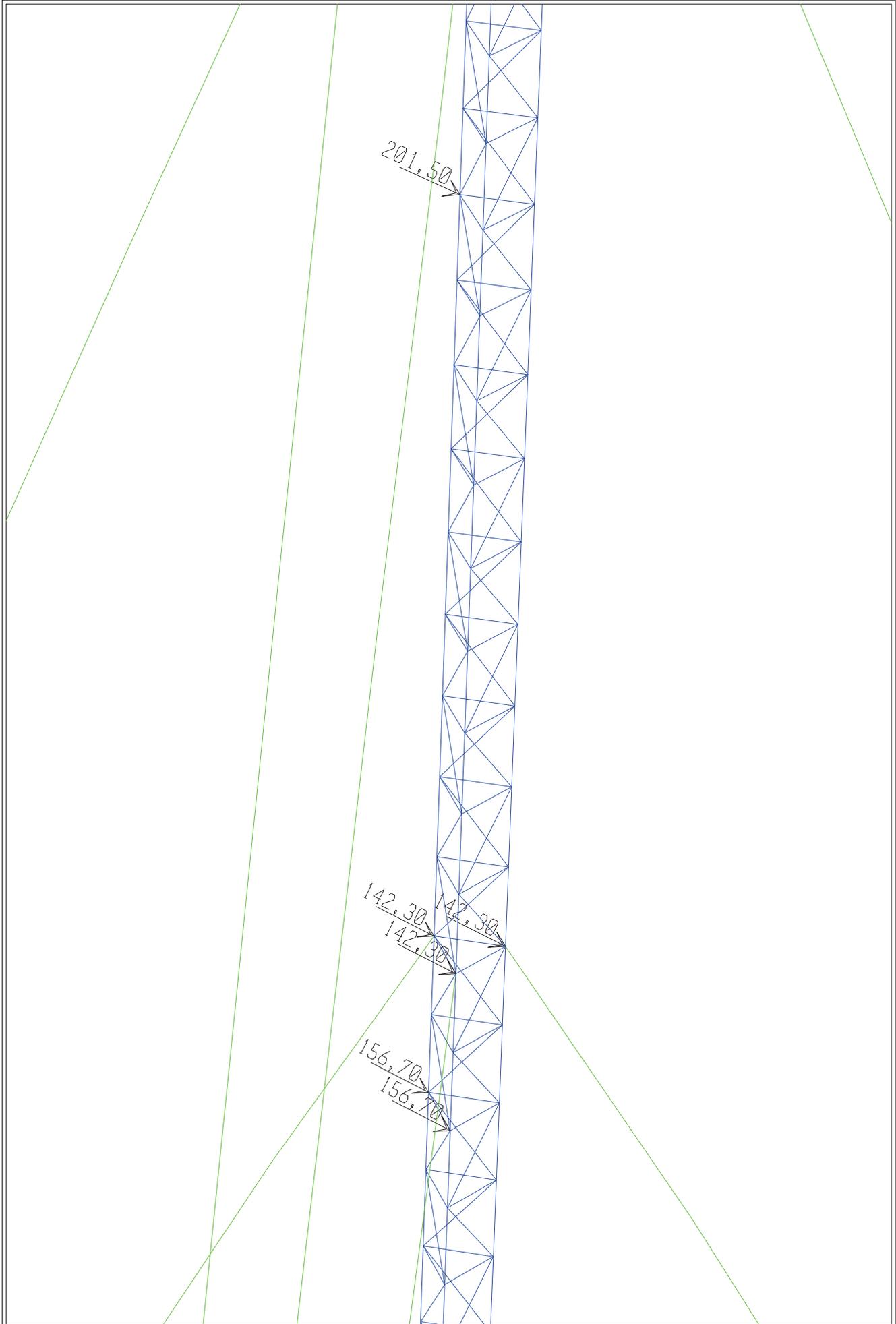


Figura 3.15: Carga de viento sobre antenas, torre atirantada

3.3.1.4. Carga de viento sobre la torre

Cualquiera de las fuerzas ejercidas por una masa de aire en movimiento, que provoca una presión en ciertas partes de la estructura, mientras que se produce una succión en otras.

La estructura de la torre, es un sistema abierto en el cual las cargas de viento no inciden de manera importante en los esfuerzos y deformaciones de los elementos estructurales, sin embargo las cargas de viento en la estructura de la torre si son consideradas, para lo cual el programa de cálculo SAP2000, las asume, claro está definiendo para esto la velocidad de viento de 120 km/h que se utilizó en las antenas; en la Figura 3.16 se muestra el estado de carga asignado en SAP2000.

The image shows a dialog box titled "ASCE 7-10 Wind Load Pattern" with the following settings:

- Exposure and Pressure Coefficients:**
 - Exposure from Extents of Rigid Diaphragms
 - Exposure from Frame and Area Objects
 - Include Area Objects
 - Include Frame Objects (Open Structure)
- Wind Exposure Parameters:**
 - Wind Direction Angle: 0.
 - Windward Coeff, Cp: []
 - Leeward Coeff, Cp: []
 - Case (ASCE 7-10 Fig. 27.4-8): []
 - e1 Ratio (ASCE 7-10 Fig. 27.4-8): []
 - e2 Ratio (ASCE 7-10 Fig. 27.4-8): []
- Wind Coefficients:**
 - Wind Speed (mph): 74.6
 - Exposure Type: D
 - Topographical Factor, Kzt: 1.
 - Gust Factor: 0.85
 - Directionality Factor, Kd: 0.85
 - Solid / Gross Area Ratio: 0.2
- Exposure Height:**
 - Program Calculated
 - User Specified
 - Maximum Global Z: []
 - Minimum Global Z: []

Buttons: Modify/Show Exposure Widths..., OK, Cancel, Reset Defaults.

Figura 3.16: Estado de carga del viento sobre la estructura

Dado que se dificultad poder observar las cargas de viento sobre en la estructura debido a la gran cantidad de elementos que existen, no se presenta una gráfica de este estado de carga.

3.3.1.5. Carga de sismo

Es una carga viva provocada por la aceleración del suelo en las direcciones horizontal y vertical. En el análisis de la Superestructura no se considera la componente vertical, la misma que se utiliza para el diseño de la Infraestructura, como son las cimentaciones.

La carga de sismo se obtiene con el fin de determinar requisitos mínimos para el cálculo y diseño de la torre, los cuales se basan en el comportamiento dinámico de la estructura.

Siendo el Ecuador un país cuyas zonas tienen un alto grado de sismicidad, se da la importancia necesaria a este tipo de carga, a pesar de que algunos códigos de diseño recomiendan su abstracción, sin embargo no pasa de ser una recomendación considerar estas cargas, cuyas tendencias a nivel mundial se dirigen no solo a la protección de la vida, sino también a la protección de la propiedad y a la búsqueda del cumplimiento de diversos niveles de desempeño de la estructura, lo que sin duda se reflejara en requisitos de diseño más severos en el futuro.

Con la Ec. 1.18, se tiene:

$$V = \frac{I * S_a}{R * \phi_P \phi_E}$$

El factor de importancia I se lo obtiene de la Tabla 1.3, y toma un valor de 1.

La aceleración espectral se calcula con la Ec. 1.20, se tiene:

$$S_a = \eta * Z * F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_C$$

El período de vibración se obtiene con la Ec. 1.19:

$$T = C_t \cdot h_h^\alpha$$

Donde para estructuras de acero con arriostramientos, $C_t=0,073$ y $\alpha=0,75$ entonces:

$$T = (0,073)(60)^{0,75}$$

$$T = 1,75$$

Los factores de sitio F_a , F_s y F_d se obtienen de las Tablas 1.7, 1.8 y 1.9, donde:

$$F_a = 0,97$$

$$F_d = 1,5$$

$$F_s = 2$$

$$Z = 0,5$$

De la Ec. 1.22, se tiene que:

$$T_C = (0,55) \cdot (2) \cdot \left(\frac{1,5}{0,97} \right)$$

$$T_C = 1,701$$

$\eta = 2,48$ para provincias de la sierra, Esmeraldas y Galápagos.

La zona sísmica Z se obtiene de las Tablas 1.7, 1.8 y 1.9, donde $Z = 0,5$.

Por tanto el espectro elástico es:

Como $T < T_C$ entonces de la Ec. 1.20, se tiene:

$$S_a = (2,48)(0,5)(0,97)$$

$$S_a = 1,2$$

Tanto el coeficiente de configuración estructural en planta como el coeficiente de configuración estructural en elevación se tomarán con el valor de 1 debido a que las torres no presentan irregularidades.

Por tanto el cortante basal es:

$$V = \frac{(1)(1,2)}{(3)(1)(1)} * W$$

$$V = 0,4 * W$$

El factor 0,4 se lo denomina factor de ampliación de sismo, mismo que se lo utiliza para aplicar dicho estado de carga en dos direcciones en SAP2000 como se muestra en la Figura 3.17.

The image shows a dialog box titled "User Defined Seismic Load Pattern". It contains the following settings:

- Load Direction and Diaphragm Eccentricity:**
 - Global X Direction
 - Global Y Direction
 - Ecc. Ratio (All Diaph.): 0,05
 - Override Diaph. Eccen.: Override...
- Other Factors:**
 - Base Shear Coefficient, C: 0,2
 - Building Height exp., K: 1
- Lateral Load Elevation Range:**
 - Program Calculated
 - User Specified
 - Reset Defaults
 - Max Z: []
 - Min Z: []

Buttons: OK, Cancel

Figura 3.17: Estado de carga de sismo

Los estados y casos de carga en SAP2000 se muestran en las Figuras 3.18, 3.19 y 3.20.

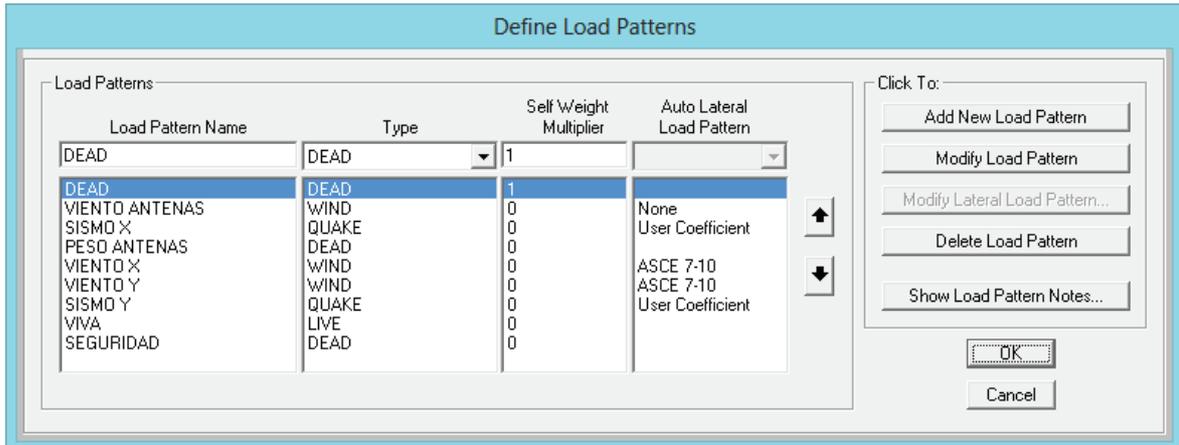


Figura 3.18: Estados de carga

Para el análisis de la torre autoportada los casos de carga se definen en el programa SAP2000 como un análisis estático lineal (Figura 3.19) donde las deformaciones específicas y los desplazamientos son pequeños; por el contrario en el análisis de la torre atirantada los casos de carga se definen como un análisis estático no lineal (Figura 3.20) donde las deformaciones específicas son pequeñas y los desplazamientos no lo son.

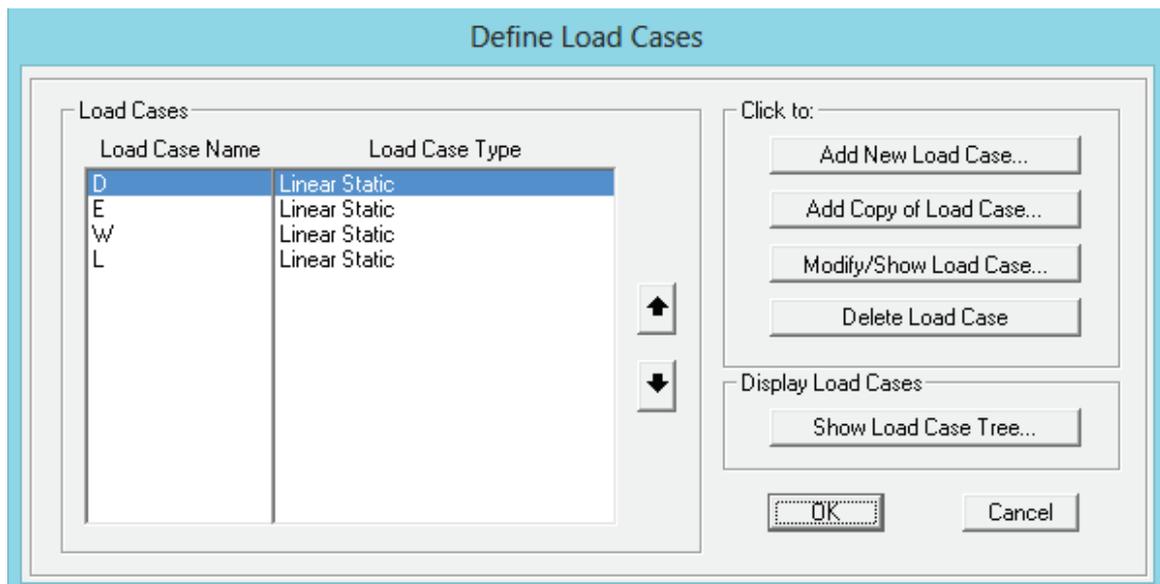


Figura 3.19: Casos de carga; torre autoportada

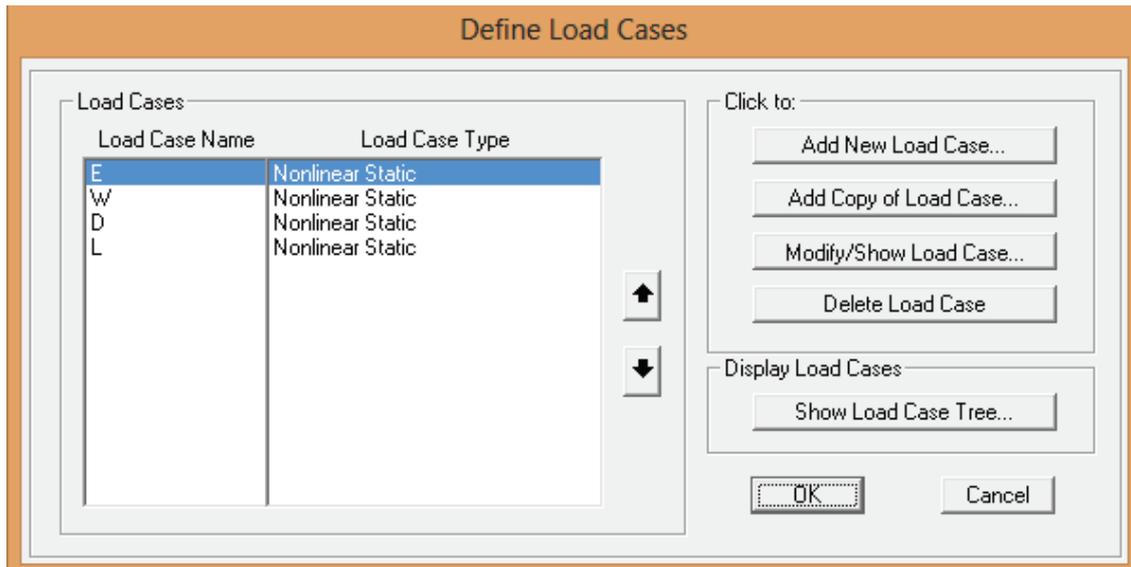


Figura 3.20: Casos de carga; torre atirantada

En los casos de carga se debe incluir todos los estados de carga de un mismo tipo en un solo caso de carga; por ejemplo dentro del caso de carga muerta D se incluye el peso propio de la estructura, peso de las antenas y la carga de seguridad como se muestra en la Figura 3.21.

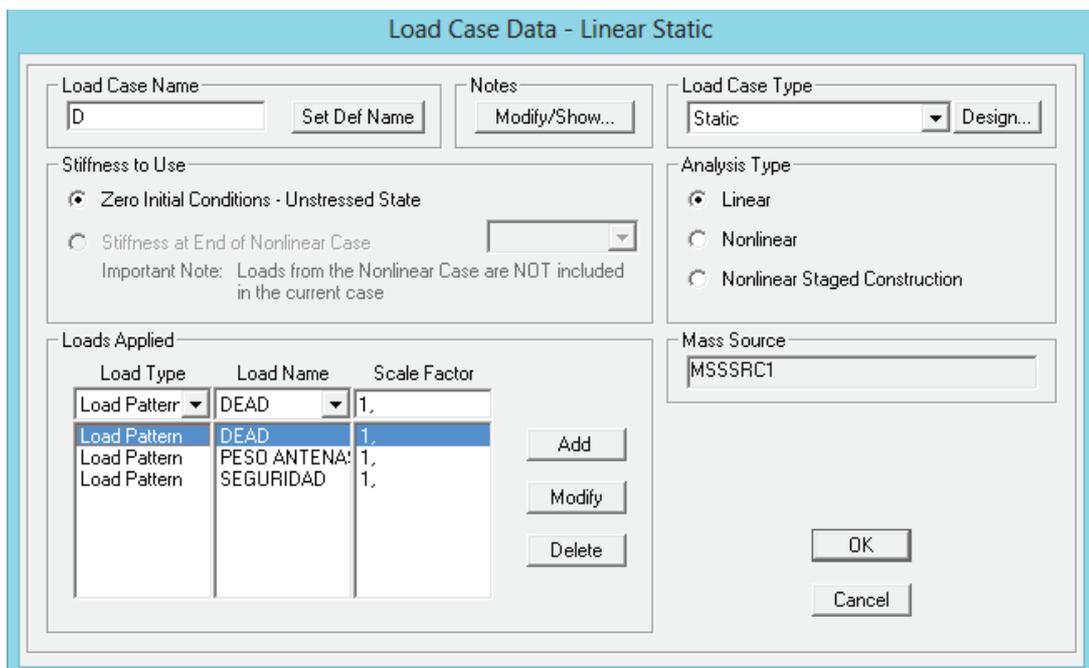


Figura 3.21: Caso de carga muerta D

3.3.2. COMBINACIONES DE CARGAS

Las combinaciones de cargas se refieren al cálculo general de un elemento o estructura con la concarga y con las sobrecargas desfavorables, ya que actúan, a veces, sólo en determinadas partes de la estructura.

Las combinaciones de carga son tomadas de la norma ASCE 7-10, mismas que se detallan a continuación:

- 1) D
- 2) D + L
- 3) D + 0,75 L
- 4) D + 0,6 W
- 5) D + 0,75 L + 0,75*0,6 W
- 6) 0,6 D + 0,6 W
- 7) 0,6 D + 0,7 E

Las combinaciones de carga definidas en el programa SAP2000 se muestran en la Figura 3.22.

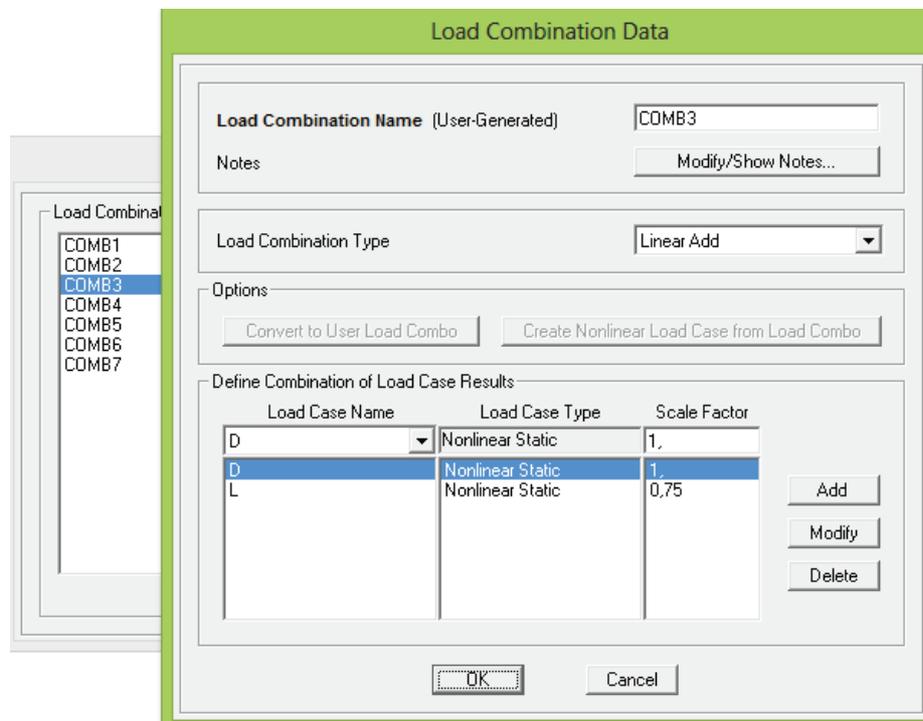


Figura 3.22: Combinaciones de carga

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS TORRES TIPO

4.1. SELECCIÓN DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES PARA LA TORRE AUTOSOPORTADA Y ATIRANTADA

Una torre está conformada en su totalidad por diferentes perfiles estructurales que de acuerdo a su ubicación y dimensionamiento cumplen las funciones de distribuir y soportar las cargas a las cuales está expuesta la estructura.

Cada perfil debe soportar solicitaciones mecánicas de tracción y compresión, además de presentar facilidad de conexión entre elementos, y considerando la disponibilidad en el mercado ecuatoriano se selecciona los siguientes perfiles estructurales:

4.1.1. CANALES “UV”



Figura 4.1: Canales UV⁷⁹

⁷⁹ Catálogo de Acero-DIPAC; Perfiles Estructurales Canales UV; Pág.: 5

Este tipo de perfil laminado en frío es seleccionado para las columnas principales de las torres ya que al ser estas de base triangular permiten con mayor facilidad obtener dicha geometría gracias a sus ángulos de 120° en sus alas ver Figura 4.2.

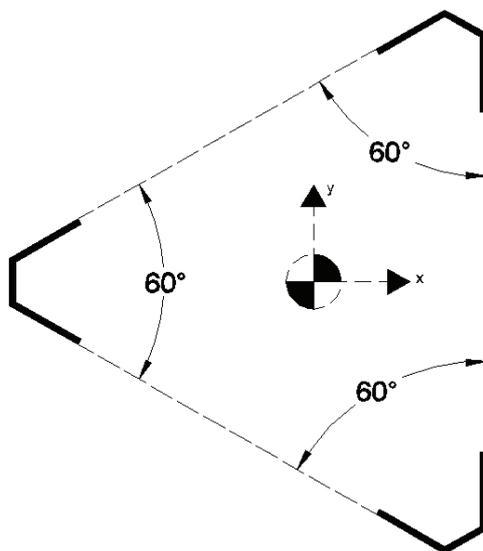


Figura 4.2: Base triangular formada con canales UV⁸⁰

4.1.2. ÁNGULO “L” DOBLADO

PERFILES ESTRUCTURALES
ANGULOS “L” DOBLADO
Especificaciones Generales

Norma	INEN 1 623: 2000
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1,5 hasta 12 mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta

Figura 4.3: Ángulos⁸¹

⁸⁰ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

⁸¹ Catálogo de Acero-DIPAC; Perfiles Estructurales Canales UV; Pág.: 5

Este tipo de perfiles laminados en caliente son seleccionados para conformar las péndolas, diagonales principales y secundarias, ver Figura 4.4.

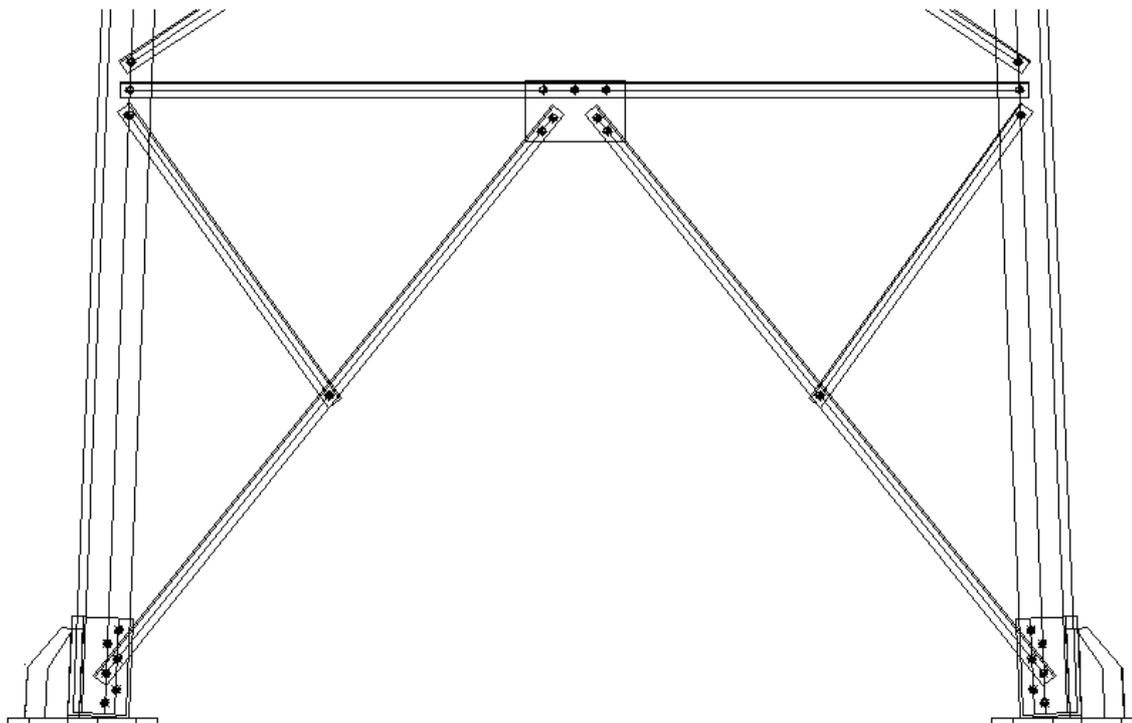


Figura 4.4: Ángulos⁸²

Todos los perfiles que conforman la estructura son de acero ASTM A-36, y todas las propiedades de este acero serán consideradas para el análisis estructural de cada una de las torres.

4.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para realizar el análisis de todos los elementos estructurales que conforman las torres se hace uso del programa SAP2000 en el cual se define todas las condiciones y parámetros indicados en el capítulo 3 y capítulo 4. Las estructuras se analizan de acuerdo a la Norma ASCE 7-10 para las combinaciones de carga, para la distribución de la carga de viento sobre la estructura, la AISC y AISI (ASD) para determinar capacidad máxima de carga del elemento estructural.

⁸² Fuente: Apolo C.; Cangás W.

4.2.1. TORRE AUTOSOPORTADA ANALIZADA POR EL PROGRAMA SAP2000

4.2.2. VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD

La estabilidad de la torre únicamente se la calcula para la autosoportada y se la determina con el análisis similar al de un elemento estructural, para ello se usa el software SAP2000 donde se determinan los momentos de inercia tanto de la base inferior como la superior, mismo que se necesitan en el cálculo de la esbeltez de la torre.

4.2.1.1. Base inferior de la torre

La base inferior de la torre seleccionada de geometría triangular está conformada por perfiles UV 150x150x80x12 en cada uno de sus vértices (Figura 4,7), cuyas propiedades de sección se muestran en la Figura 4.8.

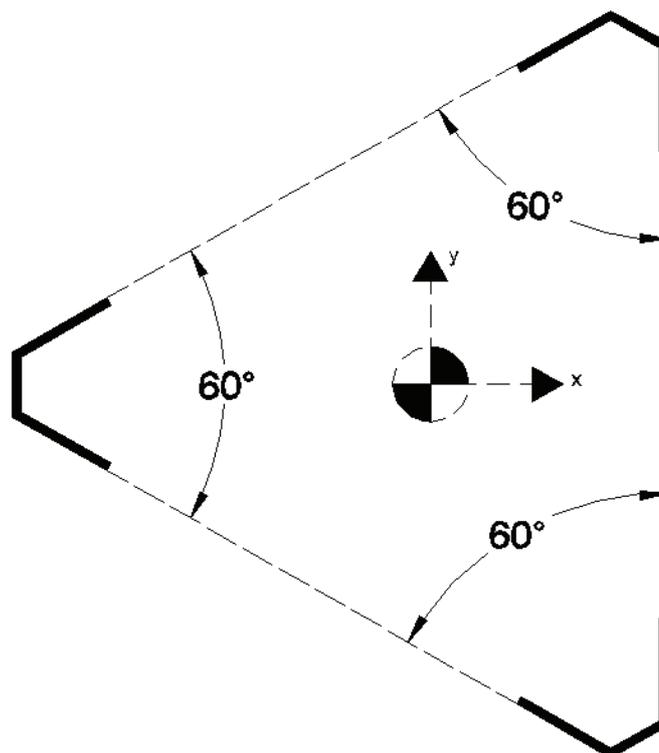


Figura 4.5: Base inferior de lados iguales de 6450 mm⁸³

⁸³ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

Property Data

Section Name Base Inferior

Properties

Cross-section (axial) area	12808,358	Section modulus about 3 axis	25904441
Moment of Inertia about 3 axis	8,315E+10	Section modulus about 2 axis	23524040
Moment of Inertia about 2 axis	8,535E+10	Plastic modulus about 3 axis	26719074
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	24265339
Shear area in 2 direction	12808,358	Radius of Gyration about 3 axis	2547,9617
Shear area in 3 direction	12808,358	Radius of Gyration about 2 axis	2581,4585
Torsional constant	599283,9	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

OK

Figura 4.6: Propiedades de la base inferior

En la Figura 4.8 se muestra las propiedades de la Figura 4.7, respecto a su centro de gravedad, los datos se obtienen dibujando la geometría de la base en el programa SAP2000 el cual genera los datos mostrados en la Figura 4.8 y organizados a continuación.

$$I_{xx}=8,315 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_{yy}=8,535 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\text{Área: } 12808,358 \text{ mm}^2$$

$$r_{yy}=2581,459 \text{ mm}$$

$$r_{xx}=2547,962 \text{ mm}$$

Se calcula de la esbeltez $\frac{L}{r_{\min}}$, donde L es la altura de la torre y r_{\min} el radio de giro mínimo de la base inferior.

$$\frac{60000 \text{ mm}}{2547,962 \text{ mm}} = 23,5$$

4.2.1.2. Base superior de la torre

La base inferior de la torre seleccionada de geometría triangular está conformada por perfiles UV 60x60x60x6 en cada uno de sus vértices Figura 4,9, cuyas propiedades de sección se muestran en la Figura 4.10.

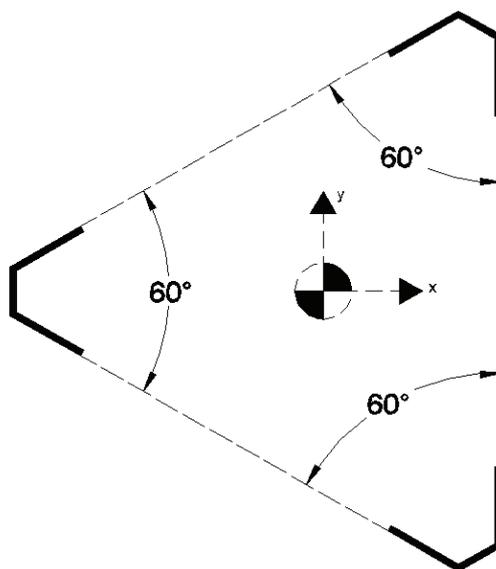


Figura 4.7: Base superior de lados iguales de 1410 mm⁸⁴

Property Data			
Section Name		Base Superior	
Properties			
Cross-section (axial) area	3654,8154	Section modulus about 3 axis	1461173,6
Moment of Inertia about 3 axis	9,790E+08	Section modulus about 2 axis	1294570,4
Moment of Inertia about 2 axis	9,791E+08	Plastic modulus about 3 axis	1587061,
Product of Inertia about 2-3	0,	Plastic modulus about 2 axis	1401397,3
Shear area in 2 direction	3654,8154	Radius of Gyration about 3 axis	517,5539
Shear area in 3 direction	3654,8154	Radius of Gyration about 2 axis	517,5788
Torsional constant	45014,48	Shear Center Eccentricity (x3)	0,
OK			

Figura 4.8: Propiedades de la base superior

⁸⁴ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

$$I_{xx}=9,790 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_{yy}=9,791 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\text{Área: } 3654,8154 \text{ mm}^2$$

$$r_{yy}= 517,579 \text{ mm}$$

$$r_{xx}=517,554 \text{ mm}$$

Se calcula de la esbeltez $\frac{L}{r_{\min}}$, donde L es la altura de la torre y r_{\min} el radio de giro mínimo de la base inferior.

$$\frac{60000 \text{ m}}{517,554 \text{ m}} = 115.8$$

4.2.1.3. Esbeltez de la torre

La esbeltez de la torre se calcula mediante un promedio entre la esbeltez de las bases inferior y superior debiendo ser este valor menor a 200:

$$\frac{23,5+115,8}{2} = 69,7 \ll 200$$

Como la esbeltez promedio de la torre autoportada es menor que 200 se puede afirmar que la estructura posee gran estabilidad. Para el caso de las torres atirantadas no se realiza el análisis de estabilidad debido a la presencia de los cables de sujeción.

4.3. ANÁLISIS DE DEFLEXIONES

De acuerdo a los resultados entregados por el programa SAP2000 se puede apreciar que tanto en la torre autoportada y atirantada se tienen valores máximos de deformación de 184,6 y 295,4 mm respectivamente que en relación a su altura total corresponde al 0,31 y 0,59% respectivamente. Estos valores dependerán de las especificaciones requeridas por el cliente, algunas empresas telefónicas de las más exigentes solicitan hasta un máximo del 1% de deformación, sin embargo se puede tener porcentajes de deformación del 3% con relación a su altura.

Las deflexiones laterales de la torre o derivas máximas se presentan en las Tablas 4.1 y 4.2. En las Figuras 4.9 y 4.10 se muestra las derivas máximas en una escala de 10:1 y 5:1 de la torre autoportada y atirantada respectivamente.

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm	mm
4	COMB7	Combination	184,212	-0,343	-5,669
5	COMB4	Combination	184,246	134,989	-5,927
5	COMB7	Combination	184,236	-0,331	-1,449
162	COMB7	Combination	184,587	-0,126	-3,550
193	COMB7	Combination	184,589	-0,538	0,655

Tabla 4.1: Deflexiones máximas, torre autoportada

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm	mm
313	COMB4	Combination	94,347	295,454	-0,367
313	COMB4	Combination	92,854	295,032	-3,373
313	COMB6	Combination	93,750	295,285	-0,367
313	COMB6	Combination	92,854	295,032	-2,170
315	COMB4	Combination	97,502	293,615	-4,654

Tabla 4.2: Deflexiones máximas, torre atirantada

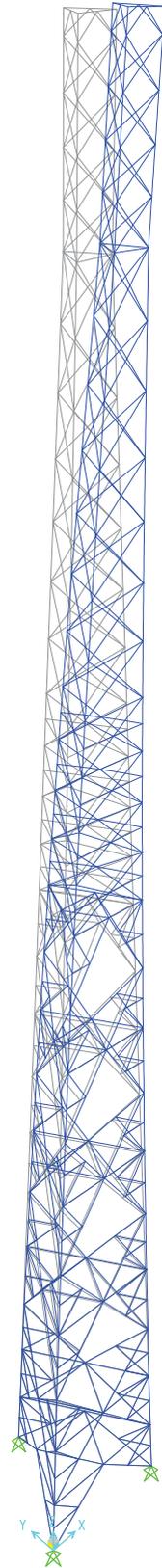


Figura 4.9: Deriva, torre autoportada

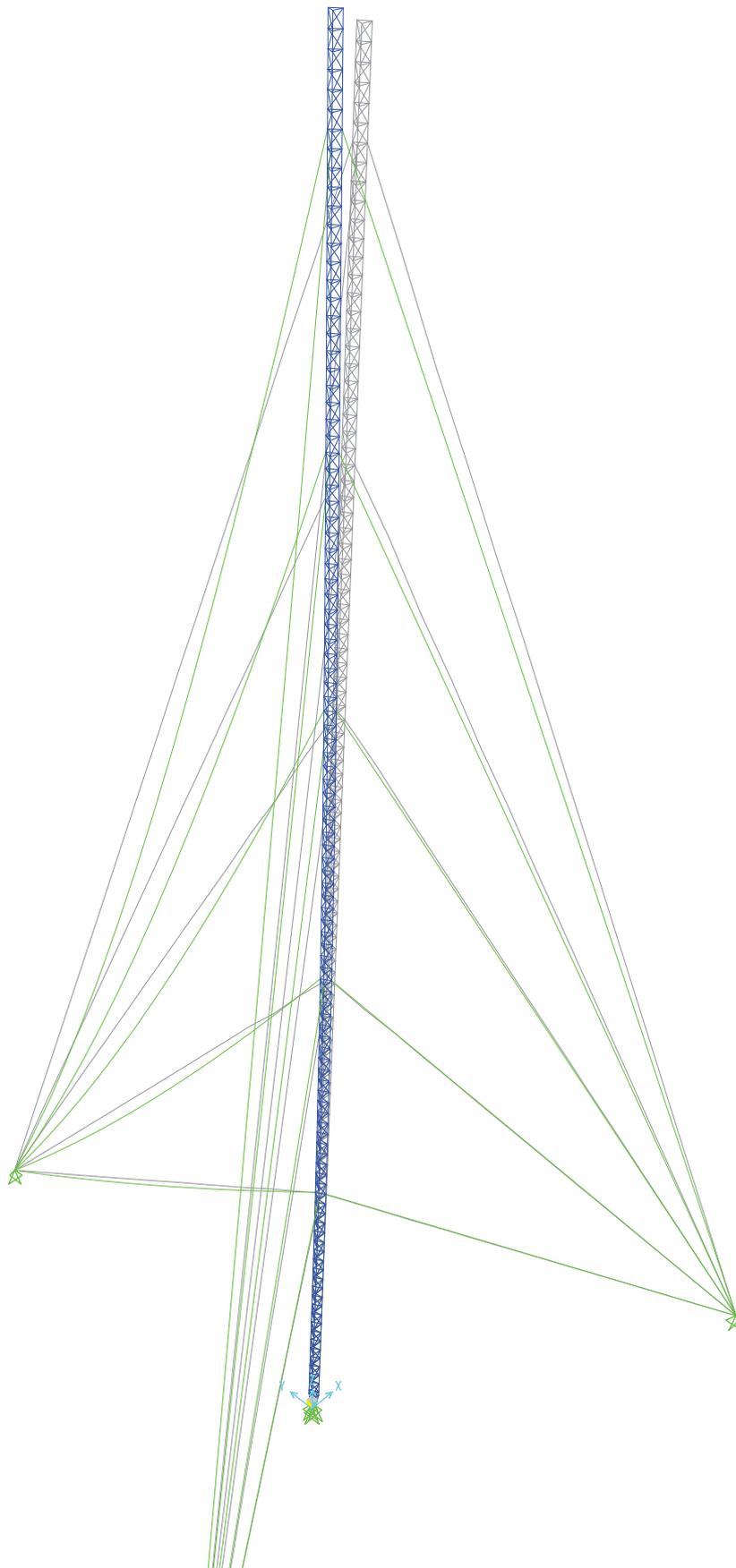


Figura 4.10: Deriva, torre atirantada

4.4. ÍNDICES DE TRABAJO

De acuerdo a los resultados entregados por el programa SAP2000 se puede apreciar que tanto en la torre autoportada y atirantada se tienen valores máximos de índices de 0,79 y 0,55 respectivamente. Estos valores dependerán de la cantidad de antenas que se proyecten en las estructuras requeridas por el cliente es decir de las empresas telefónicas.

Los índices máximos de las torres se presentan en las Tablas 4.3 y 4.4. En las Figuras 4.11 y 4.12 se muestra los índices de toda la estructura en código de colores tanto de la torre autoportada como atirantada respectivamente.

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC360-05-IBC2006					
Frame	DesignSect	DesignType	Ratio	Combo	Location
Text	Text	Text	Unitless	Text	mm
614	PENDOLAS 50x50x3	Beam	0,719	COMB6	1403,45
10	DIAG P 75x75x5	Brace	0,733	COMB4	2302,65
22	DIAG P 75x75x5	Brace	0,761	COMB4	2322,37
99	DIAG P 75x75x4	Brace	0,722	COMB4	2123,38
121	DIAG P 60x60x5	Brace	0,793	COMB4	1932,19

Tabla 4.3: Índices, torre autoportada

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC360-05-IBC2006					
Frame	DesignSect	DesignType	Ratio	Combo	Location
Text	Text	Text	Unitless	Text	mm
6	UV 75x75x60x6	Column	0,371	COMB4	5700
519	UV 60x60x60x6	Column	0,548	COMB4	3325
636	UV 60x60x60x6	Column	0,352	COMB4	5225
23	UV 60x60x60x6	Column	0,370	COMB4	0
186	UV 75x75x60x6	Brace	0,544	COMB4	295,18

Tabla 4.4: Índices, torre atirantada

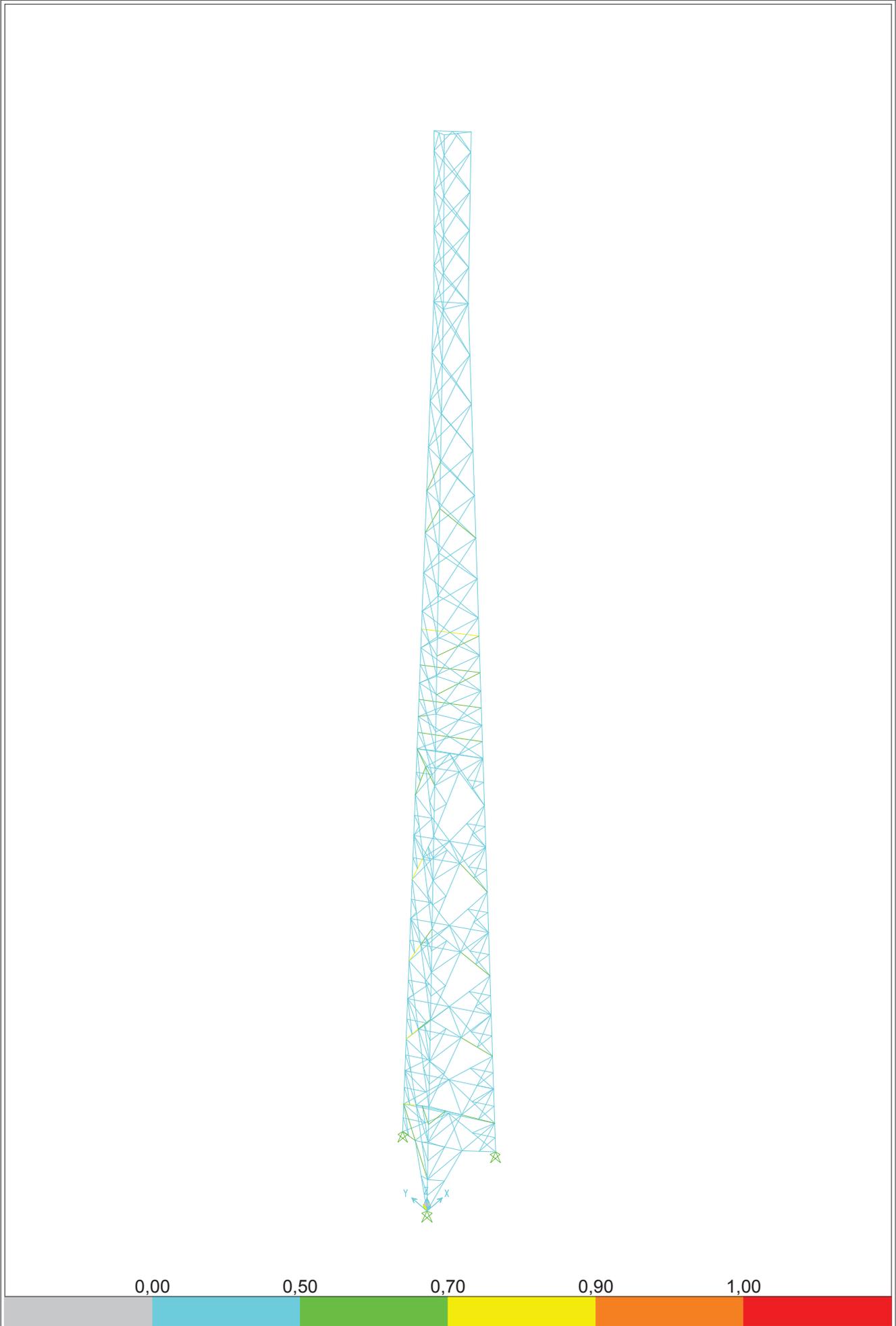


Figura 4.11: Índices, torre autoportada

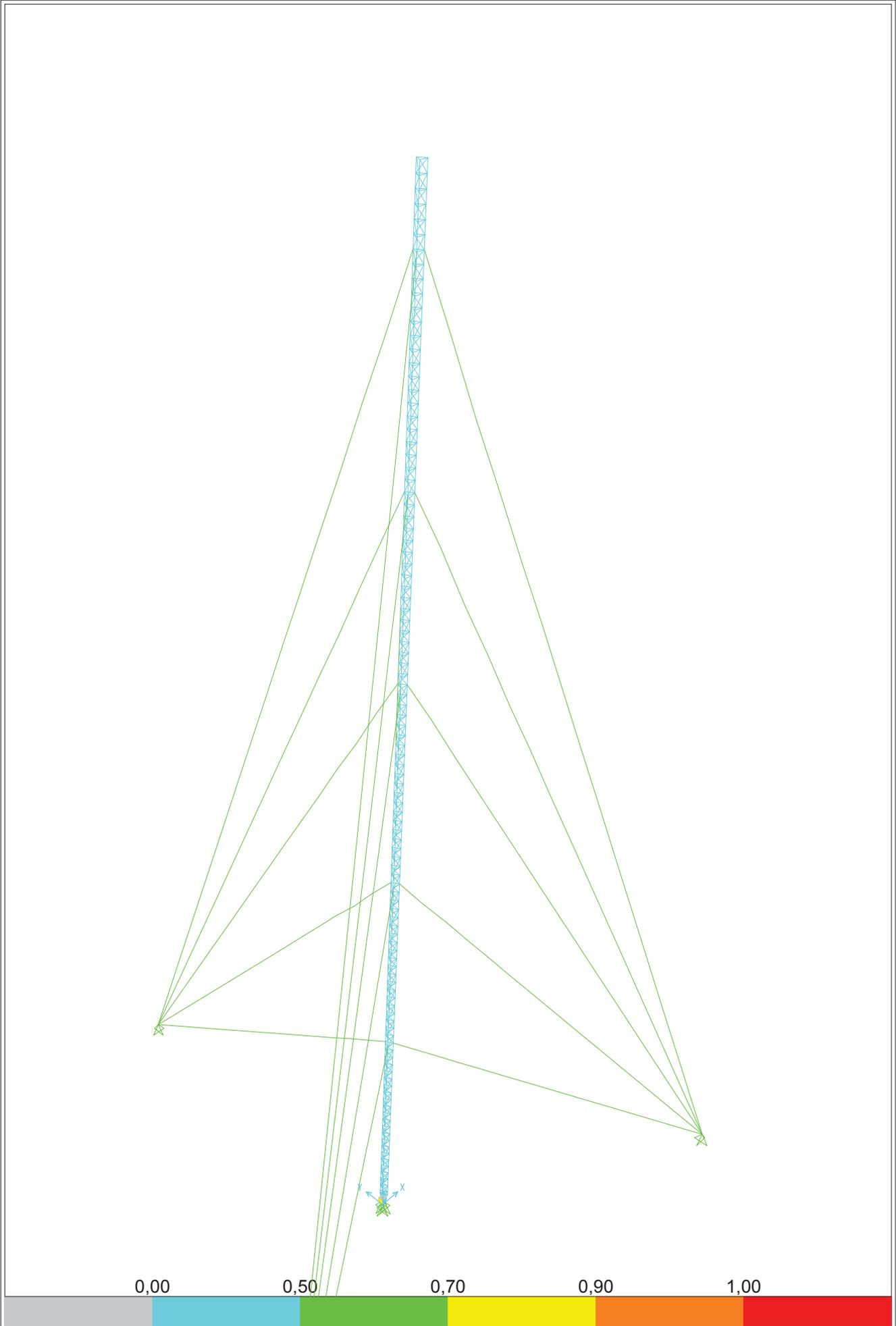


Figura 4.12: Índices, torre atirantada

4.5. VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

4.5.1. ANÁLISIS DEL ELEMENTOS A TRACCIÓN

Como ejemplo de cálculo se determinará la resistencia admisible a tracción $\frac{P_n}{\Omega}$ del ángulo de 40x40x3 mm, ver Figura 4.13, de acero estructural ASTM-A36 laminado en caliente, cuyas propiedades son las siguientes:

Esfuerzo de fluencia F_y : 248,21 [MPa]

Resistencia a la tensión última F_u : 400[Kg/mm²]

Módulo de elasticidad E : 200000 [MPa].

Las propiedades geométricas serán tomadas del ANEXO A.

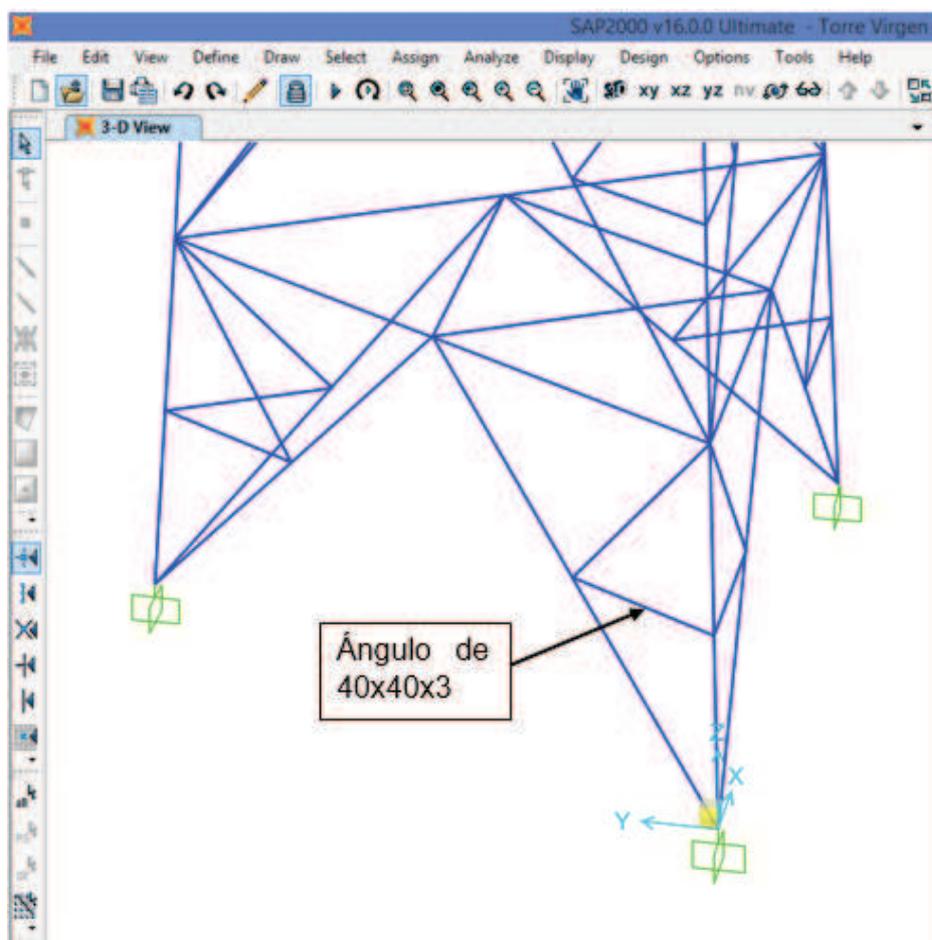


Figura 4.13: Elemento a tracción, frame 242⁸⁵

⁸⁵ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

Utilizando la Ec. 1.26 se determina la fuerza nominal de tracción en la sección bruta.

$$P_n = 248,21 \text{ Mpa} * 231 \text{ mm}^2 = 57336,5 \text{ N}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{57336,5 \text{ N}}{1,67} = 34333,2 \text{ N}$$

Utilizando la Ec. 1.27 se determina la fuerza nominal de tracción para rotura en la sección neta efectiva.

$$A_e = 231 * 0,75 = 173,25 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 400 \text{ Mpa} * 173,25 \text{ mm}^2 = 43002,4 \text{ N}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{43002,4 \text{ N}}{2} = 21501,2 \text{ N}$$

Utilizando la Ec. 1.28 se determina la fuerza nominal de tracción para rotura en corte la sección neta efectiva. Para este cálculo se asume pernos de ½ pulgada 12,7 mm separados del borde del perfil hasta el borde de la perforación 12,7 mm con agujeros 2 mm más grandes que el diámetro nominal del perno según lo recomendado por la AISC en la sección B3.

$$b_{eff} = 2 * 3 + 16 = 22 \text{ mm}$$

$$A_{sf} = 2 * 3 * (12,7 + (12,7 + 2) / 2) = 120,3 \text{ mm}^2$$

$$P_n = 0,6 * 400 \text{ Mpa} * 120,3 \text{ mm}^2 = 28872 \text{ N}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{28872 \text{ N}}{1,67} = 17288,6 \text{ N}$$

Por lo tanto el ángulo 40X40X3 mm de acero ASTM-A36 tiene una resistencia admisible a la tracción de 17288,6 N. De acuerdo al modelo realizado en el

programa SAP2000 el valor de la fuerza aplicada al elemento en tracción pura no sobrepasa los 700 N, ver Figura 4.14 en la combinación más crítica.

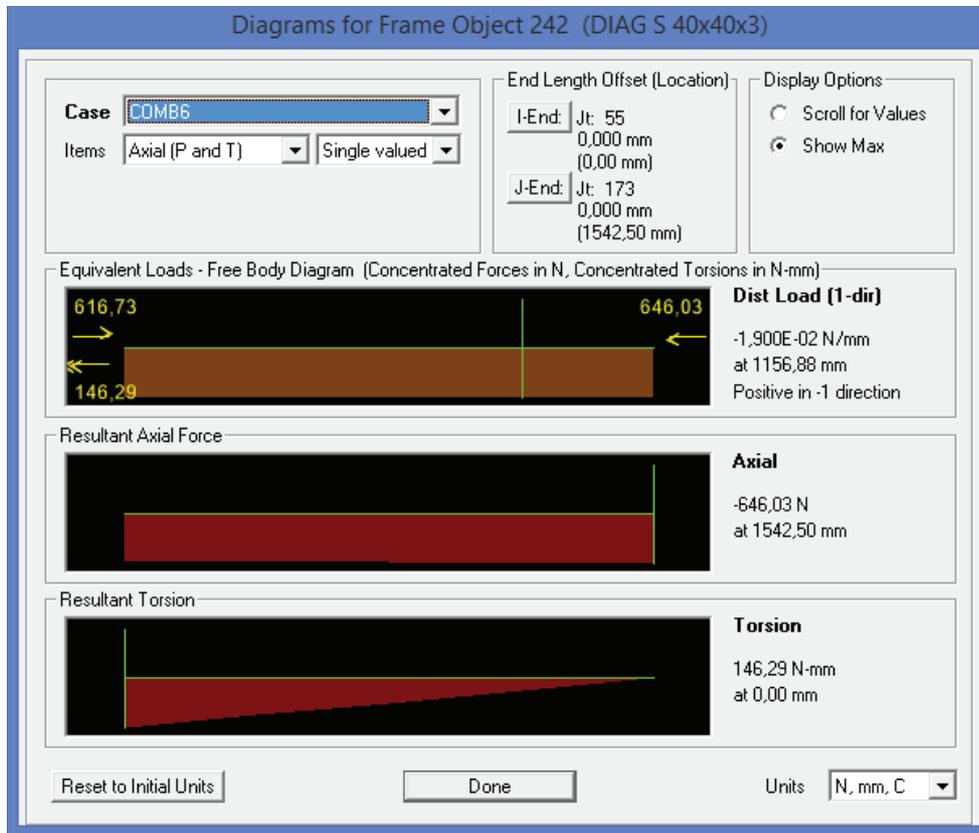


Figura 4.14: Carga axial frame 242

4.5.2. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EN COMPRESIÓN

Como ejemplo de cálculo se determinará la resistencia admisible a compresión $\frac{P_n}{\Omega_c}$ del ángulo de 40x40x3 mm de 1542,5 mm de longitud frame 242 en el programa SAP2000, de acero estructural ASTM-A36 laminado en caliente, cuyas propiedades son las siguientes:

Esfuerzo de fluencia F_y : 248,21 [MPa]

Resistencia a la tensión última F_u : 400 [Kg/mm²]

Módulo de elasticidad E : 200000 [MPa].

Las propiedades geométricas serán tomadas del ANEXO A.

Se determina la relación L/r_{\min} para determinar el factor de longitud efectiva.

$$r_{\min} = 12,45 \text{ mm}$$

$$L = 1542,5 \text{ mm (Longitud sin arriostrar)}$$

$$r_{\min} / L = 1542,5 / 12,45 = 123,90$$

De acuerdo a la gráfica 1,17 $k = 1$.

$$\frac{b}{t} = \frac{40}{3} = 13,33 < 20$$

Por lo tanto no se cumple que $b/t > 20$ y $L/r > 75$, por lo tanto se tiene que:

$$\frac{k^*L}{r} = 32 + 1,25 \frac{L}{r} = 32 + 1,25 * 123,90 = 186,87$$

$$4,71 * \sqrt{\frac{200000}{248,21}} = 133,70$$

Por lo tanto se cumple la ecuación Ec: 1.29, por lo que se calcula la fuerza crítica de acuerdo a la Ec: 1.30, calculando el esfuerzo elástico de pandeo F_e con la Ec: 1.32.

$$F_e = \frac{\pi^2 * 200000}{(186,87)^2} = 56,51 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{248,21}{56,51} \right] * 248,21 = 49,56 \text{ N}$$

$$P_n = 231 * 49,56 = 11448,6 \text{ N}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{11448,6 \text{ N}}{1,67} = 6855,4 \text{ N}$$

Por lo tanto el ángulo 40X40X3 mm de acero ASTM-A36 tiene una resistencia admisible a la compresión de 2713 N. De acuerdo al modelo realizado en el programa SAP2000 el valor de la fuerza máxima aplicada al elemento en compresión es de 700 N en la combinación más crítica.

4.5.3. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EN FLEXIÓN

Como ejemplo de cálculo se determinará la resistencia admisible a flexión $\frac{M_n}{\Omega_b}$ del ángulo de 40x40x3 mm de 1542,5 mm de longitud longitudinal en el programa SAP2000, de acero estructural ASTM-A36 laminado en caliente, cuyas propiedades son las siguientes:

Esfuerzo de fluencia F_y : 248,21 [MPa]

Resistencia a la tensión última F_u : 400 [Kg/mm²]

Módulo de elasticidad E : 200000 [MPa].

Las propiedades geométricas serán tomadas del ANEXO A.

$$S_c = 2020,67 \text{ mm}^3$$

$$t = 3 \text{ mm}$$

$$L_b = 1542,5 \text{ mm}$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

De acuerdo a la Ec. 1.32 se determina momento de primera fluencia en torno al eje de flexión.

$$M_y = 248,21 \text{ MPa} \cdot 1239,8 \text{ mm}^3 = 307730.8 \text{ N-mm}$$

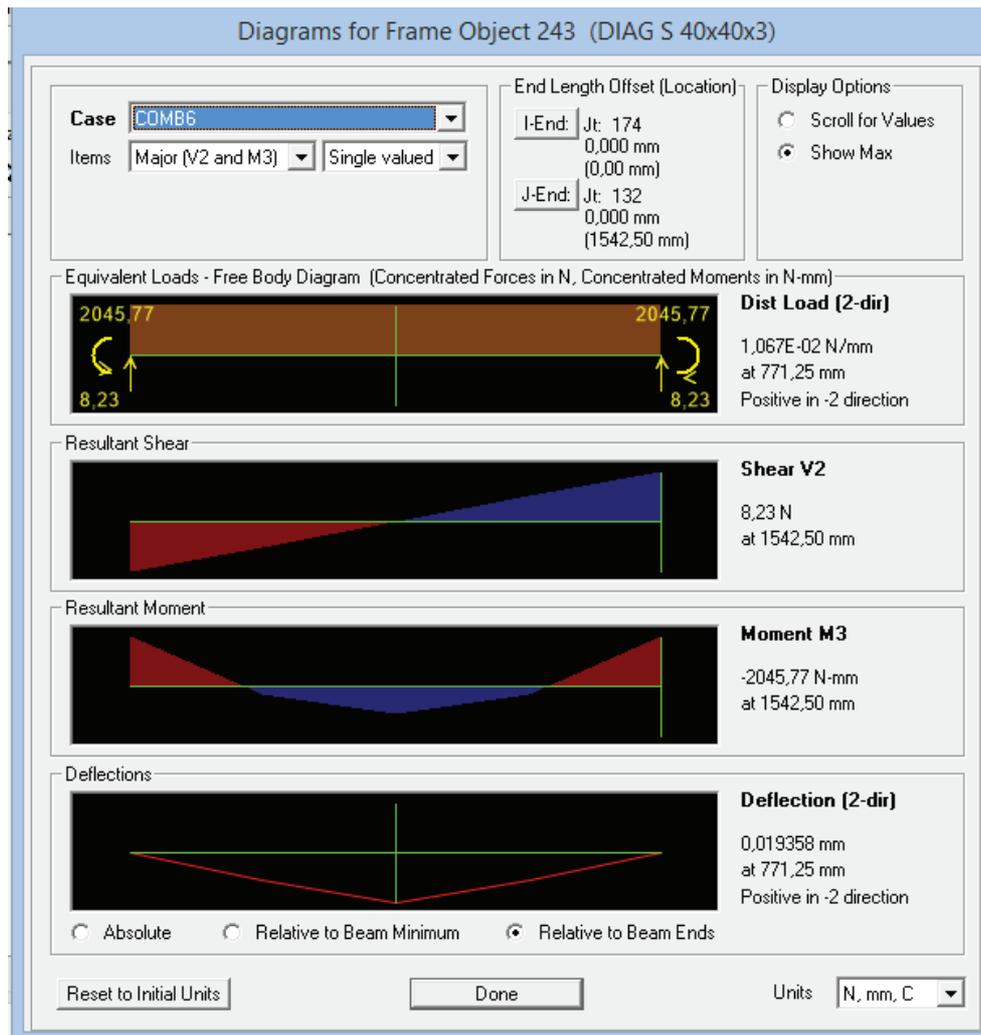


Figura 4.15: Diagrama cortante y de momento del frame 242

Debido a que el diagrama de momento es uniforme el factor de modificación del pandeo lateral torsional $C_b = 1$.

$$M_e = \frac{0,46 \cdot 200000 \cdot 40^2 \cdot 3^2 \cdot 1,0}{1542,5} = 858642,1 \text{ N-mm}$$

Se cumple que $M_e > M_y$, por lo tanto según la Ec. 1.34 se determina M_n .

$$M_n = \left(1,92 - 1,17 \cdot \sqrt{\frac{501550,5}{858642,1}} \right) \cdot 501550,5 = 514488 \text{ N-mm}$$

$$1,5 \cdot M_y = 1,5 \cdot 501550,5 = 752325,8 \text{ N-mm}$$

Se cumple que:

$$M_n \leq 1,5 M_y$$

Finalmente la resistencia de flexión nominal será:

$$\frac{M_n}{\Omega_b} = \frac{514488 \text{ N-mm}}{1,67} = 308076,6 \text{ N-mm}$$

Por lo tanto el ángulo 40X40X3 mm de acero ASTM-A36 tiene una resistencia admisible a la flexión de 308076,6N-mm. De acuerdo al modelo realizado en el programa SAP2000 el valor del momento máximo aplicada al elemento en flexión es de 2045,77 N-mm en la combinación más crítica.

En la Tabla 4.5 se presenta un resumen de los valores calculados por el programa SAP2000 bajo la Norma AISC360-05-IBC2006, como se puede observar los valores obtenidos mediante el cálculo manual prácticamente iguales al del programa presentándose variaciones únicamente en los decimales.

TABLE: Steel Details 2 - PMM Details - AISC360-05-IBC2006								
DesignSect	Combo	Pr	PcComp	PcTension	MrMajorDsgn	McMajor	MrMinorDsgn	McMinor
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm	N-mm
DIAG S 40x40x3	COMB6	-654,23	6308,29	34333,42	-1446,58	308077,75	1446,58	205501,1
DIAG S 40x40x3	COMB6	-661,55	6308,29	34333,42	-1493,71	308077,75	-1965,97	205501,1
DIAG S 40x40x3	COMB6	-668,88	6308,29	34333,42	-1509,43	308077,75	-3103,48	205501,1
DIAG S 40x40x3	COMB6	-676,2	6308,29	34333,42	-1493,71	308077,75	-1965,97	205501,1
DIAG S 40x40x3	COMB6	-683,53	6308,29	34333,42	-1446,58	308077,75	1446,58	205501,1

Tabla 4.5: Resumen: PcComp: resistencia admisible a la compresión, PcTensión: resistencia admisible a la tracción, MrMajorDsgn: Resistencia admisible a la flexión

4.5.4. ESFUERZOS COMBINADOS

Como ejemplo de cálculo se analiza la combinación de esfuerzos para el ángulo de 40x40x3 mm de 1542,5 mm de longitud frame 242 en el programa SAP2000, de acero estructural ASTM-A36 laminado en caliente, los valores de resistencias requeridas y admisibles serán tomados del programa SAP2000:

TABLE: Steel Details 2 - PMM Details - AISC360-05-IBC2006									
DesignSect	Combo	Location	PrDsgn	PcComp	PcTension	MrMajorDsgn	McMajor	MrMinorDsgn	McMinor
Text	Text	mm	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm	N-mm
DIAG S 40x40x3	COMB6	0	-654,23	6308,29	34333,42	-1446,58	308077,75	1446,58	205501,1
DIAG S 40x40x3	COMB6	385,63	-661,55	6308,29	34333,42	-1493,71	308077,75	-1965,97	205501,1
DIAG S 40x40x3	COMB6	771,25	-668,88	6308,29	34333,42	-1509,43	308077,75	-3103,48	205501,1
DIAG S 40x40x3	COMB6	1156,88	-676,2	6308,29	34333,42	-1493,71	308077,75	-1965,97	205501,1
DIAG S 40x40x3	COMB6	1542,5	-683,53	6308,29	34333,42	-1446,58	308077,75	1446,58	205501,1

Tabla 4.6: Resumen de los valores calculados por el programa SAP2000

$$\frac{Pr}{Pc} = \frac{668,88}{6308,29} = 0,11 \leq 0,2$$

Aplicando la Ec: 1.41 se tiene que:

$$\frac{Pr}{2Pc} + \left(\frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right) = \frac{668,88}{2 \cdot 6308,29} + \left(\frac{1509,43}{308077,75} + \frac{3103,48}{205501,1} \right) = 0,1 \leq 1,0$$

El valor calculado mediante la ecuación 1.41 es muy cercano al valor entregado por el programa SAP2000 de 0,106

4.5.5. ANÁLISIS DE MIEMBROS CONFORMADOS EN FRÍO QUE TRABAJAN A COMPRESIÓN

Como ejemplo de cálculo se analiza la columna principal de la torre siendo ésta de un perfil UV10 de 150x80x12 mm, ver Figura 4.15, frame 769 en el programa SAP2000, de acero estructural ASTM-A36 conformado en frío, cuyas propiedades son las siguientes:

Esfuerzo de fluencia F_y : 248,21 [MPa]

Resistencia a la tensión última F_u : 400[Kg/mm²]

Módulo de elasticidad E : 200000 [MPa].

Las propiedades geométricas serán tomadas del ANEXO A.

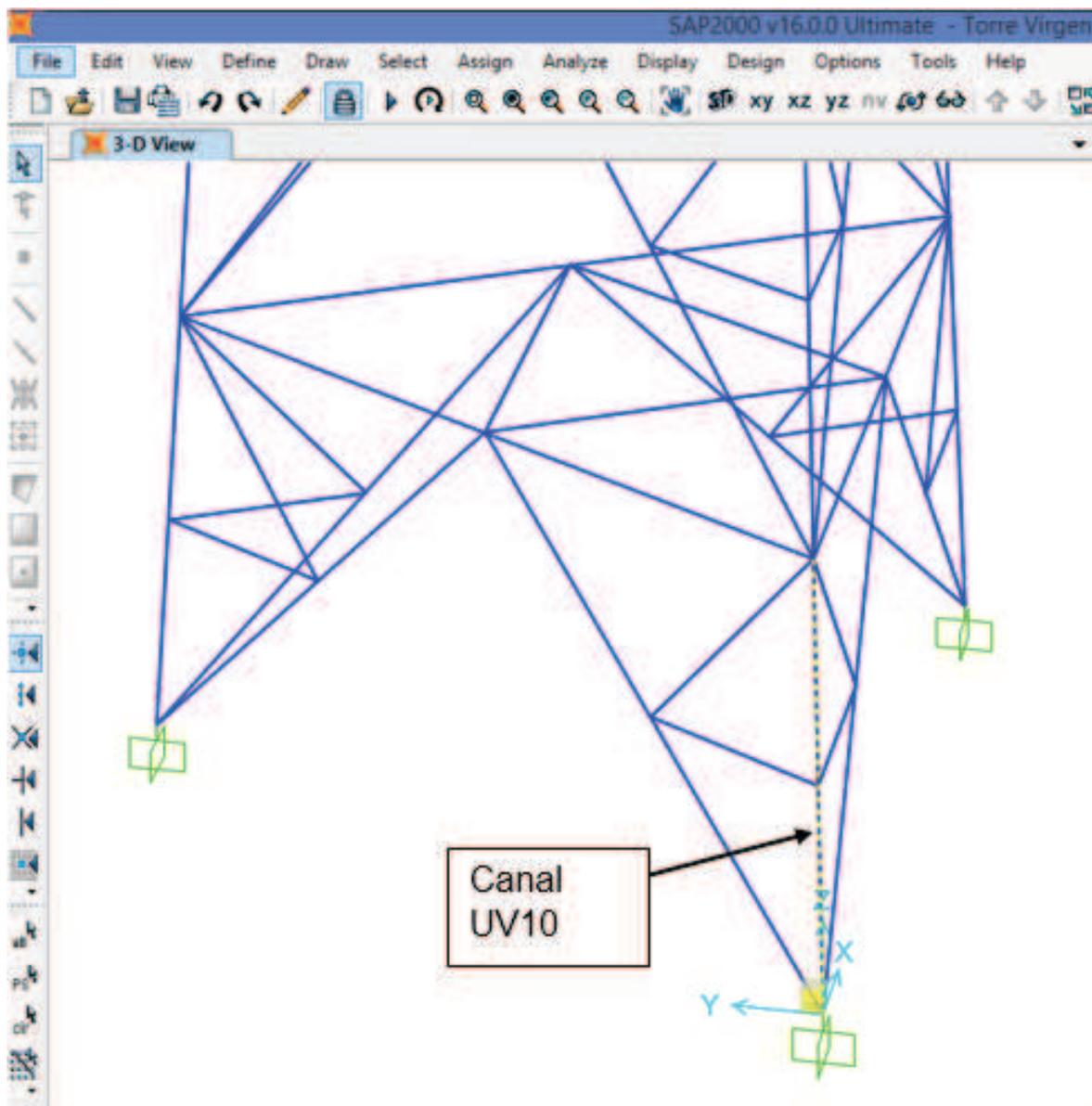


Figura 4.15: Elemento a compresión, frame 769⁸⁶

⁸⁶ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

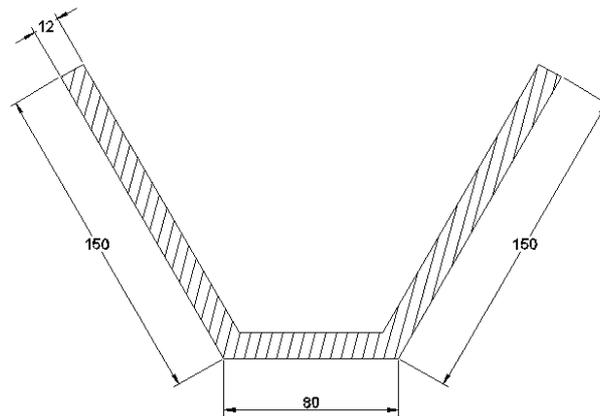


Figura 4.16: Canal UV10⁸⁷

PERFIL TIPO	DIMENSIONES			PESO Kg/m	AREA cm ²
	mm				
	a	b	e		
UV 1	60	60	6	8.48	10.80
UV 2	75	50	6	9.42	12.00
UV 3	75	60	6	9.89	12.60
UV 4	100	60	6	12.25	15.60
UV 5	100	60	8	16.33	20.80
UV 6	100	70	8	16.96	21.60
UV 7	100	60	10	20.41	26.00
UV 8	120	70	10	24.34	31.00
UV 9	120	70	12	29.20	37.20
UV 10	150	80	12	35.80	45.60

Tabla 4.7: Perfiles de catálogo

$$r_{\min} = 41,58 \text{ mm}$$

$$A_e = 4393,6 \text{ mm}^2$$

$$k = 1$$

$$l = 1500 \text{ mm}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{1 \cdot 1500}{41,58}\right)^2} = 1516,4 \text{ MPa}$$

⁸⁷ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

$$\lambda_c = \frac{248,21}{1516,4} = 0,16 < 1,15$$

Aplicando la Ec. 1.42 se tiene que:

$$F_n = (0,658^{0,16}) * 248,21 = 231,8 \text{ Mpa}$$

$$P_n = 4393,6 * 231,8 = 1018323,1 \text{ N}$$

$$\frac{P_n}{\Omega_c} = \frac{1018323,1}{1,8} = 565735,1 \text{ N}$$

Por lo tanto el perfil UV10 de 150X80X12 mm de acero ASTM-A36 tiene una resistencia admisible a la compresión de 565735,1 N. De acuerdo al modelo realizado en el programa SAP2000 el valor de la fuerza máxima aplicada al elemento en compresión es de 253895,58 N, ver Figura en la combinación más crítica.

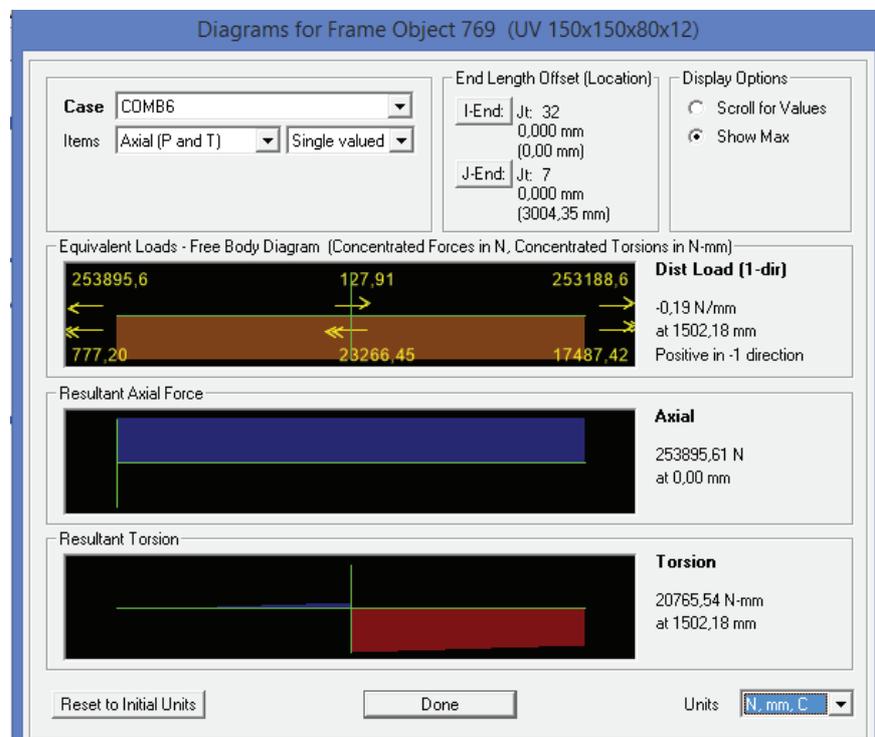


Figura 4.17: Carga axial Frame 769

4.5.6. DISEÑO DE JUNTAS EMPERNADAS

Diseño de la junta base de la torre autoportada a corte simple:

Los pernos que se usaran en la torre son los A325-T1 cuyo valor de corte nominal es de 48 ksi y diámetro de ½ pulgada.

De la ecuación 1.55 tenemos:

$$R_n = F_{nv} A_b$$

$$R_n = (48) \left(\frac{\pi \left(\frac{1}{2} \right)^2}{4} \right) = 9,42 \text{ klb} = 41,9 \text{ kN}$$

Llamaremos a la carga axial en los montantes como P misma que en la junta base de acuerdo al programa SAP2000 tiene un valor de 260.22 kN.

La norma AISC nos dice que:

$$NR_n / \Omega \geq P$$

Donde N es el número de pernos.

Entonces:

$$N \geq \frac{P}{R_n / \Omega}$$

$$N \geq \frac{260,22 \text{ kN}}{41,9/2}$$

$$N \geq 12,41$$

De lo anterior se obtiene que el número de pernos mínimo debe ser de 13 por lo que se tomará un número total de pernos de 16 para la junta base.

Diseño de la junta base de la torre autoportada al aplastamiento:

La distancia libre, en la dirección de la carga, entre el borde de la perforación y el borde de la perforación adyacente o borde del material es de 0,75 pulgadas y la resistencia última mínima del perno es de 90 ksi.

Con la Ec. 1.52 tenemos:

$$R_n = 1.2(0,75)\left(\frac{1}{2}\right)(90) \leq 2.4(0,75)\left(\frac{1}{2}\right)(90)$$

$$R_n = 26,1 \text{ klb} \leq 34,8 \text{ klb}$$

$$R_n = 116,1 \text{ kN} \leq 154,8 \text{ kN}$$

La norma AISC nos dice que:

$$NR_n/\Omega \geq P$$

Donde N es el número de pernos.

Entonces:

$$N \geq \frac{P}{R_n/\Omega}$$

$$N \geq \frac{260,22 \text{ kN}}{116,1/2}$$

$$N \geq 4,48$$

De lo anterior se obtiene que el número de pernos mínimo debe ser de 5 por lo que se el número de pernos que controla la junta es debido al corte simple.

En la Tabla 4.4 se indica el número de pernos para cada junta en los montantes y en la Figura 4.4 se indica el número de pernos en las diagonales. Las conexiones en donde no se indica el número de pernos implica que se usa únicamente un perno.

TORRE AUTOSOPORTADA															
DISEÑO DE PERNOS CONEXIÓN DE MONTANTES A CORTE Y APLASTAMIENTO															
Altura Torre	P	Diám. perno	e perfil	Fu, perfil	Fu, perno	Lc	Fnv perno	Ab	Rnv perno	Rn ap. placa	Rn Placa máximo	# de pernos Rnv Perno	# de pernos Fu Placa	# de pernos máximo	# de pernos Real
[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[GPa]	[GPa]	[mm]	[GPa]	[mm ²]	[kN]	[kN]	[kN]	Calc.	Calc.	Calc.	Real
0	261	12,7	12,7	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	116,0	154,7	12,44	4,49	12,44	16
2000	261	12,7	12,7	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	116,0	154,7	12,44	4,49	12,44	16
8000	234	12,7	12,7	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	116,0	154,7	11,17	4,03	11,17	14
14000	190	12,7	12,7	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	116,0	154,7	9,05	3,27	9,05	12
20000	147	12,7	9,53	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	87,0	116,0	7,02	3,38	7,02	10
26000	112	12,7	7,94	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	72,5	96,7	5,33	3,08	5,33	8
32000	83	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,0	77,3	3,94	2,85	3,94	6
37000	64	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,0	77,3	3,05	2,21	3,05	4
42000	49	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,0	77,3	2,34	1,69	2,34	4
48000	26	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,0	77,3	1,24	0,90	1,24	2
54000	7	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,0	77,3	0,36	0,26	0,36	2
60000	3	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,0	77,3	0,16	0,11	0,16	2

Tabla 4.8: Diseño de pernos; torre autosoportada

TORRE ATIRANTADA															
DISEÑO DE PERNOS CONEXIÓN DE MONTANTES A CORTE Y APLASTAMIENTO															
Altura Torre	P	Diám. perno	e perfil	Fu perfil	Fu perno	Lc	Fnv perno	Ab	Rnv perno	Rn ap. placa	Rn Placa Máx.	# de pernos Rnv Perno	# de pernos Fu Placa	# de pernos máximo	# de pernos Real
[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[GPa]	[GPa]	[mm]	[GPa]	[mm ²]	[kN]	[kN]	[kN]	Calc.	Calc.	Calc.	Real
500	57,24	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	2,73	1,97	2,73	4
3500	28,42	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	1,36	0,98	1,36	4
13000	18,44	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	0,88	0,64	0,88	4
19000	20,58	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	0,98	0,71	0,98	4
25500	33,68	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	1,61	1,16	1,61	4
28000	47,53	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	2,27	1,64	2,27	4
34000	41,34	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	1,97	1,43	1,97	4
40000	11,58	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	0,55	0,40	0,55	2
46000	1,29	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	0,06	0,04	0,06	2
50000	0,89	12,7	6,35	0,400	0,620	19,1	0,331	126,7	41,9	58,01	77,35	0,04	0,03	0,04	2

Tabla 4.9: Diseño de pernos; torre atirantada

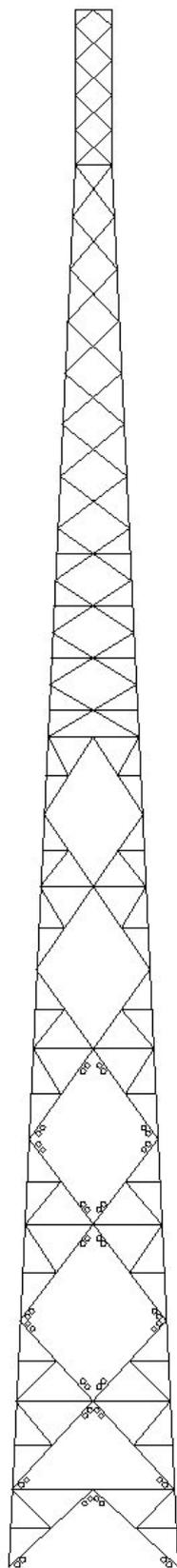


Figura 4.18: Número de pernos en diagonales principales⁸⁸

⁸⁸ Fuente: Apolo C.; Cangás W.

CAPÍTULO 5

5. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TORRES DE TELECOMUNICACIÓN

Para llevar a cabo las tareas de fabricación y montaje de las torres de telecomunicación es importante conocer tanto el personal adecuado para ejecutar las tareas, como los procedimientos y normas a las cuales deben estar sujetos cada uno de los procedimientos para de esta forma garantizar la funcionalidad de la estructura.

La Norma Ecuatoriana de Construcción en su capítulo 5 “Estructuras de Acero”, indica especificaciones técnicas, los profesionales responsables, planos de diseño, planos de taller, planos de montajes y planos as built para estructura en acero que son detallados a continuación.

5.1. PROFESIONALES RESPONSABLES⁸⁹

Todos los profesionales que intervienen directamente en las actividades de fabricación y montaje de estructura metálica deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Profesionales responsables por el diseño de las estructuras de acero:
 - ✓ Poseer un título de tercer nivel en ingeniería civil, o poseer un título de tercer nivel en ingeniería mecánica y un título de cuarto nivel en ingeniería estructural.
- Profesionales responsables por la fabricación y el montaje de las estructuras de acero:
 - ✓ Poseer un título de tercer nivel en ingeniería mecánica, o
 - ✓ Poseer un título de tercer nivel en ingeniería civil y un título de tercer o cuarto nivel en tecnología de la soldadura, o estar acreditado como inspector de soldadura certificado (CWI) según la Especificación AWS B5.1-2003.

⁸⁹ NEC; “Norma Ecuatoriana de la Construcción”; Capítulo 5; 2011; pág.: 9

5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL⁹⁰

Las especificaciones estructurales son compromiso del profesional responsable por el diseño de las estructuras de acero también llamado Diseñador el cual deberá indicar lo siguiente en los planos de diseño

1. Identificación del Sistema Resistente a Carga Sísmica (SRCS).
2. Identificación de los miembros y conexiones que son parte del (SRCS).
3. Configuración de las Conexiones (tipos de conexiones, tamaño de la soldadura, diámetro de pernos, configuración de los agujeros de acceso, localización de las placas de cortante, ubicación de los sitios de empalmes, barras de respaldo, platinas de respaldo lateral y de tope que deberán ser removidas, y cualquier otro tipo de detallamiento de las conexiones).
4. Especificaciones de los materiales de los miembros y de las conexiones (resistencia y tenacidad requerida CVN, material de los pernos).
5. Localización de las soldaduras de demanda crítica (SDC).
6. Localización y dimensiones de las zonas protegidas (ZP).
7. Localización de los sitios en donde las placas gusset (conexiones de arriostramiento) deben ser detalladas para acomodar rotaciones inelásticas.
8. Requerimientos de Soldadura según
9. Alguna condición especial de montaje u otras consideraciones que sean requeridas por el diseño tales como el uso de soportes temporales o contraflechas.

5.3. PLANOS DE TALLER⁹¹

Los planos de taller deberán ser presentados por el profesional responsable por la fabricación o el montaje de las estructuras de acero también llamado “Contratista” a la Fiscalización del proyecto para su revisión y aprobación con 15 días previo al

⁹⁰ NEC; “Norma Ecuatoriana de la Construcción”; Capítulo 5; 2011 pág.: 10

⁹¹ NEC; “Norma Ecuatoriana de la Construcción”; Capítulo 5; 2011 pág.: 11

inicio de las actividades relacionadas con la fabricación de la estructura de acero, dichos planos deberán indicar lo siguiente:

1. Identificación de los miembros y conexiones que son parte del SRCS.
2. Configuración de las Conexiones (tipos de conexiones, tamaño de la soldadura, diámetro de pernos, configuración de los agujeros de acceso, localización de las placas de cortante, ubicación de los sitios de empalmes, barras de respaldo, platinas de respaldo lateral y de tope que deberán ser removidas, y cualquier otro tipo de detallamiento de las conexiones).
3. Especificaciones de los materiales de los miembros y de las conexiones (resistencia y tenacidad requerida CVN y material de los pernos).
4. Planillas que indiquen las dimensiones y las cantidades de obra de los diversos elementos estructurales.
5. Localización de las soldaduras de demanda crítica (SDC) a ejecutarse en taller.
6. Localización y dimensiones de las zonas protegidas (ZP).
7. Localización de los sitios en donde las placas gusset (conexiones de arriostramiento) deben ser detalladas para acomodar rotaciones inelásticas.
8. Requerimientos de Soldadura en
9. Ubicación de pernos de ajuste completo así como la fuerza de ajuste que debe proporcionarse a los pernos.
10. La ubicación de superficies Clase A o B.
11. Ensayos no destructivos (END) cuando sean realizados por el fabricante.

5.4. PLANOS DE MONTAJE⁹²

Los planos de montaje deberán ser presentados por el Contratista a la Fiscalización del proyecto para su revisión y aprobación con 15 días previo al inicio de las actividades relacionadas con el montaje de la estructura de acero. Los planos de montaje deberán indicar lo siguiente:

1. Identificación de los miembros y conexiones que son parte del SRCS.
2. Especificaciones de los materiales de las conexiones (resistencia y tenacidad requerida CVN y material de los pernos) a ejecutarse en obra.

⁹² NEC; "Norma Ecuatoriana de la Construcción"; Capítulo 5; 2011; pág.: 11

3. Localización de las *soldaduras de demanda crítica* (SDC) a ejecutarse en obra.
4. Localización y dimensiones de las *zonas protegidas* (ZP).
5. Requerimientos de Soldadura en obra
6. Ubicación de pernos de ajuste completo.

5.5. PLANOS AS BUILT⁹³

Los planos “as built” presenta como la obra quedó terminada. El contratista preparará los planos “as built” (tomando como referencia los planos de diseño) los mismos que serán revisados y aprobados por el Ingeniero civil fiscalizador de la estructura.

5.6. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN

Para proceder a la fabricación de los elementos que conforman la estructura se deberá tener con anterioridad los planos de taller en los cuales se detallará toda la información necesaria con ubicación y detalles de soldaduras y pernos, distinguiendo soldaduras y pernos de taller y de campo.

Una vez que se haya adquirido la materia prima a ser procesada y debidamente almacenada se tendrá las siguientes etapas de fabricación:

- Corte perforación y/o punzando
- Galvanizado
- Pintura

⁹³ NEC; “Norma Ecuatoriana de la Construcción”; Capítulo 5; 2011; pág.: 12

5.6.1. PROCESO DE CORTE, PERFORACIÓN Y/O PUNZONADO

Todos los elementos estructurales deberán ser cortados, perforados o punzonados ver Figura 5.1 de acuerdo a lo especificado en los planos de taller para los cuales existen distintos procesos que se detallan a continuación.



Figura 5.1: Proceso de corte y perforado⁹⁴

5.6.1. CORTE TÉRMICO

Este proceso debe cumplir los requerimientos de la AWS D1.1, secciones 5.15.1.2, 5.15.1.3 y 5.15.1.4 para los siguientes procesos de corte:

- Oxyfuel gas cutting (Oxicorte)
- Plasma arc cutting

5.6.1.1 Oxyfuel gas cutting (Oxicorte)⁹⁵

El proceso de Oxicorte ver Figura 5.2, utiliza una mezcla de gases para producir el calentamiento del perfil que se desea cortar. El combustible (comúnmente acetileno) combinado con el oxígeno como comburente calienta al material ferroso a una temperatura aproximada de 1000°C. El flujo de oxígeno completa el procedimiento de corte produciendo una reacción con el hierro que permite la fusión y corte del acero. La principal desventaja frente a otros procesos de corte son las operaciones secundarias y reprocesos para mejorar la calidad superficial de los elementos.

⁹⁴ <http://www.tagliolaser.net/es/corte-laser-vigas/index.html>

⁹⁵ ORTEGA A. y VELASCO L.; Mejoramiento de productividad y calidad del proceso de corte; 2012; pág. 21



Figura 5.2: Oxyfuel gas cutting (Oxicorte)⁹⁶

5.6.1.2. Plasma arc cutting

El corte se produce por la ionización del gas (comúnmente oxígeno) debido a las elevadas temperaturas que se alcanzan en el proceso. Las temperaturas alcanzan valores de 3000°C. Al exponer a un gas a altas temperaturas, los átomos pierden electrones formándose lo que se denomina el cuarto estado de la materia o plasma. Este proceso de disociación de electrones del átomo conjuntamente con la estrangulación del flujo de plasma, facilitan el corte de chapas metálicas.

El gas, ahora convertido en plasma tiene propiedades conductoras; es decir, el arco eléctrico entre el electrodo ubicado en la antorcha y la pieza hace posible el proceso de corte. La Figura 5.3 muestra la interacción entre la pieza a cortar y los elementos que conforman el corte por plasma.



Figura 5.3: Corte por plasma⁹⁷

⁹⁶ <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-el-oxicorte/>

⁹⁷ http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cnc_plasma_cutting.jpg

5.6.2. OTROS PROCESOS DE CORTE⁹⁸

5.6.2.1 Por arranque de viruta

La remoción del material se produce mediante diferentes movimientos de la pieza a mecanizar y de la herramienta. Los procesos usuales de mecanización son: cepillado, torneado, fresado, taladrado, rectificado. En el caso específico de la elaboración de agujeros y perforaciones circulares la máquina herramienta utilizada es el taladro.

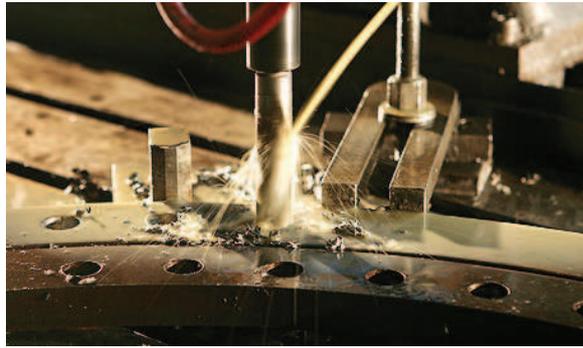


Figura 5.4: Corte por arranque de viruta⁹⁹

5.6.2.2. Proceso de corte por flujo de agua

El proceso de corte por flujo de agua o también denominado corte por chorro se basa en un flujo de agua altamente presurizado. Las presiones promedio en este tipo de proceso fluctúan entre 60000 psi y 90000 psi. Se distinguen 2 tipos de procesos:

- Chorro de agua sin abrasivo. Se utiliza solamente agua siendo este el método original inicialmente desarrollado en los años 70. Sus principales aplicaciones son el corte de papel y materiales blandos.
- Chorro de agua con abrasivo. El chorro de agua contiene partículas abrasivas que impactan al material cortándolo. Puede cortar materiales con una dureza elevada y espesores de hasta 8 pulgadas de acero inoxidable son cortados. Es un proceso de corte extremadamente versátil, no hay afectación térmica durante el proceso. Además, prácticamente cualquier

⁹⁸ ORTEGA A. y VELASCO L.; Mejoramiento de productividad y calidad del proceso de corte; 2012; pág. 20-23

⁹⁹ <http://carlosmontanaef.blogspot.com/2011/10/arranque-por-viruta.html>

material puede ser cortado. Es importante destacar que las operaciones secundarias luego del proceso son casi nulas con la presencia de poca o ninguna rebaba.



Figura 5.5: Corte por flujo de agua¹⁰⁰

5.6.2.3. Proceso de corte por láser

Se basa en la emisión de luz sobre la superficie de trabajo generando una alta temperatura y el posterior corte. Con un manejo adecuado de los parámetros de corte no se presentan rebabas. Es un proceso muy preciso de modo que está en capacidad de realizar cortes con geometrías complejas.



Figura 5.6: Corte por láser¹⁰¹

¹⁰⁰ <http://www.hechoxnosotrosmismos.com/t4624-corte-a-chorro-de-agua>

¹⁰¹ http://www.amzingenieros.com/?page_id=17

5.6.2. PROCESO DE GALVANIZADO

Una vez que los elementos estructurales hayan sido cortados, y verificado todas a las medidas especificados en los planos de taller, el siguiente paso será el tratamiento superficial de galvanización del material.

Todos los elementos a ser galvanizados deberán ser diseñados para permitir el flujo y drenaje de los fluidos (Zinc) para prevenir deformaciones del material debido a aumentos de presión, el procedimiento de galvanización en caliente a seguir será en base a la norma ASTM A123

El galvanizado provee un recubrimiento tenaz de zinc metalúrgicamente unido que cubre completamente la superficie del acero con una capa de aleación zinc-hierro la cual tiene mayor dureza que el acero base. Esto provee una capa exterior de una adhesión más fuerte y una excepcional resistencia a la abrasión. Una característica adicional del Galvanizado por Inmersión en caliente (ASTM A123) es que la capa de zinc-hierro crece perpendicularmente a la superficie del acero el efecto que esto tiene en las esquinas y aristas de los materiales es que el recubrimiento ahí es generalmente más grueso que en el recubrimiento de alrededor esto es un marcado contraste hacia otros tipos de recubrimientos protectores que tienden a adelgazarse en las esquinas de los materiales.

5.6.2.1. Procedimiento de galvanizado¹⁰²

El tratamiento previo a galvanizar es tan importante como el propio proceso de galvanizado, puesto que de dicho tratamiento depende la posterior adherencia y la uniformidad del recubrimiento. La secuencia de tratamiento de los materiales es la siguiente:

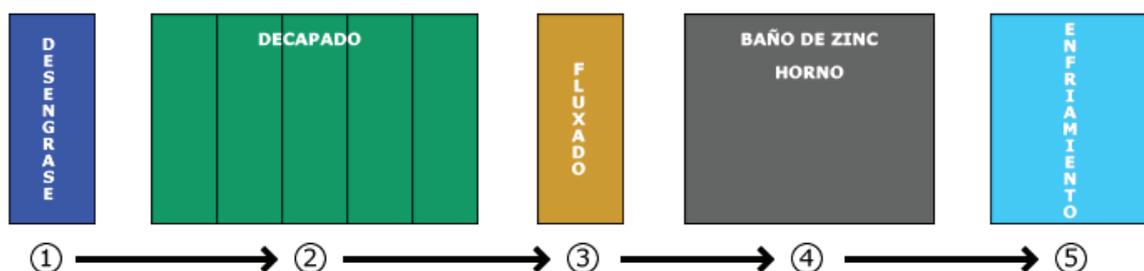


Figura 5.7: Proceso de galvanizado

¹⁰² <http://www.galvanizadoslacunza.com/ProcesoGalvanizado.htm#Proceso>

5.6.2.1.1. Desengrase

Este proceso se realiza para eliminar la grasa de los materiales. En algunos casos se introduce la pieza en soluciones alcalinas y en otros se someten a agentes desengrasantes ácidos. La temperatura de la solución debe estar entre 30 y 40 °C. Esta fase de limpieza permite la correcta acción de los baños posteriores. Después del desengrase el producto se enjuaga en un baño de agua para evitar el arrastre de las soluciones de desengrase a la etapa siguiente.

5.6.2.1.2. Decapado

Se realiza por inmersión del material en baños de ácido clorhídrico, cuya acción permite la eliminación de los óxidos metálicos de las superficies a galvanizar. Obtendremos así una superficie químicamente limpia. El tiempo de decapado depende del grado de oxidación superficial de las piezas y de la concentración de la solución de ácido. Después del decapado los productos se enjuagan en un baño de agua para evitar el arrastre de restos de ácido a las siguientes etapas del proceso.

5.6.2.1.3. Baño de sales o fluxado

El tratamiento con sales (mezcla de cloruro de zinc y cloruro amónico), tiene por objeto eliminar cualquier impureza y provocar una limpieza intensa de la superficie metálica. Este proceso se realiza por inmersión y tiene como finalidad asegurar la mejor adherencia entre la superficie ferrosa y la aleación de zinc. La temperatura del flux debe estar entre 50 y 60 °C.

5.6.2.1.4. Baño de zinc

Las piezas a galvanizar se sumergen en el baño de zinc fundido a una temperatura de 450 °C, teniendo especial cuidado en la inmersión del material y en la posterior extracción y escurrido del zinc líquido. Dado que el galvanizado actúa tanto en superficies internas como externas.

Durante la inmersión de los productos en el zinc fundido se produce la difusión del zinc en la superficie del acero lo que da lugar a la formación de diferentes capas de aleaciones zinc - hierro de distinta composición. Cuando los productos se extraen

del baño de galvanización, éstos quedan recubiertos de una capa externa del baño de zinc. El tiempo durante el que los productos deben estar sumergidos en el baño de zinc, para obtener un recubrimiento galvanizado correcto, depende, entre otros factores, de la composición del acero, de la temperatura del baño de zinc, y del espesor del acero de los productos. En cualquier caso, los productos deben estar sumergidos en el zinc hasta que alcancen la temperatura del baño. Es importante prever una correcta preparación del material para una adecuada emanación de gases y para que el zinc fundido penetre en el interior y lo cubra de forma conveniente.

5.6.2.1.5. Enfriamiento

Una vez fuera del baño de galvanización los productos pueden enfriarse en agua o dejarse enfriar al aire. A continuación pasan al área de acabado para eliminar rebabas, gotas punzantes y adherencias superficiales de cenizas o restos de sales y finalmente, se someten a inspección. Los recubrimientos galvanizados sobre artículos diversos deben cumplir una serie de requerimientos sobre aspecto superficial, adherencia y espesor que vienen especificados en las normas. Por último los productos se pesan para determinar su precio.

En el Control de Calidad se realiza la verificación a través de la inspección visual y de ensayos de los materiales galvanizados, comprobándose su idoneidad.

5.6.3. PROCESO DE PINTURA

Sobre el galvanizado se aplicará una capa de acondicionador de superficies metálicas "WASCH-PRIMER" cuyo principal objetivo es proporcionar una base que dé buena adherencia a la capa de pintura, se aplica en capas muy delgadas tratando de conseguir un espesor de película seca no mayor a 10 μ de aspecto amarillento verdoso.

Posterior al Wasch-primer aplicará pintura anticorrosiva naranja y blanco según la normativa de ICAO Aeronáutica Civil.

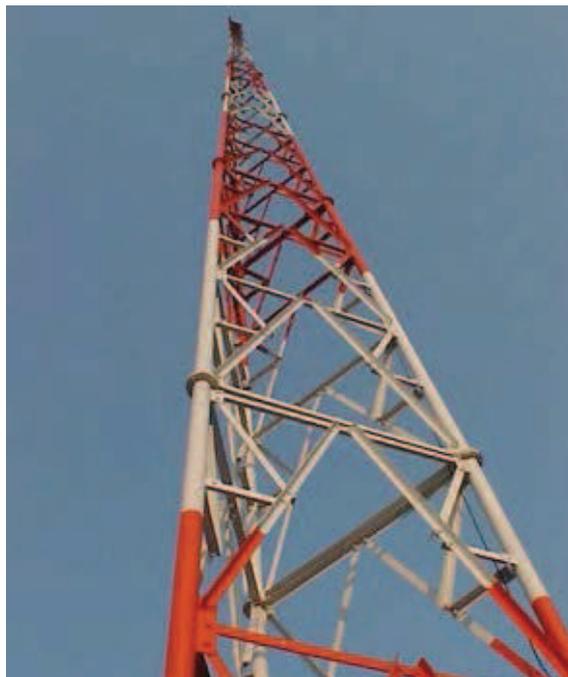


Figura 5.8: Pintura según Normativa ICAO¹⁰³

5.6.4. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE



Figura 5.9: Montaje de estructuras tipo torre¹⁰⁴

¹⁰³ <http://spanish.alibaba.com/product-free/telecommunication-tower-11842130.html>

¹⁰⁴ <http://www.nicer.es/proyectos/sercomsa/index.php?modulo=actividades&idsubfamilia=41&idioma=es>

Para el montaje de las estructuras tipo torre se seguirá las recomendaciones dadas en el capítulo M sección M4 de la AISC, generalizando este procedimiento para torres autosoportadas y torres atirantadas.

5.6.4.1. Cimentaciones

La cimentación de las estructuras se calcula de acuerdo al sitio de instalación y tipo de superficie donde se vaya a instalar. La cimentación más frecuente es la cimentación profunda en suelos normales y la superficial en suelos rocosos, también se utiliza el sistema de viga corrida en concreto para terrazas y azoteas previo cálculo estructural¹⁰⁵.

El diseño de cimentaciones para este tipo de estructuras lo rigen principalmente el momento de volteo y la capacidad de carga del suelo. Existen varias alternativas como las zapatas aisladas y las pilas, pero normalmente la más económica resulta ser una losa de cimentación. Las cimentaciones de hormigón armado deben cumplir con las especificaciones más recientes del Comité 318 del Instituto Americano del Concreto (Código ACI-318)¹⁰⁶

5.6.4.2. Alineación de las bases de las columnas

Una vez que se tenga listas las cimentaciones con la resistencia adecuada se deberá montar las columnas principales para lo cual la base de las columna deberá estar en contacto completo con la cimentación y niveladas correctamente entre ellas.

5.6.4.3. Estabilidad y conexiones

Una vez se haya montado las bases de las columnas se continúa que el resto del esqueleto de la estructura los cuales debe ser montados y aplomados dentro de los límites permitidos, a medida que se avanza con el montaje de deberá garantizar que la estructura soporte la carga muerta, de montaje y las que aparezca en el proceso, para el cual se hace el uso de arriostramientos temporales.

¹⁰⁵ <http://www.montajes-mam.com/servicios.php?id=14>

¹⁰⁶ NEC; “Norma Ecuatoriana de Construcción”; Capítulo 4; 2011; pág.: 4

5.6.4.4. Alineación

Durante el proceso de montaje no se deberá soldar o emperrar permanentemente la estructura hasta que la posición de toda la estructura quede completamente alineada.

5.6.4.4. Ajustes de las uniones de compresión y placas base

Se debe verificar la separación existente en las uniones y placas base ya que está permitido una separación máxima de 2 mm si la separación excede los 2 mm deberá llenarse con planchas de acero de relleno de caras paralelas

5.6.4.4. Soldaduras y pintura en campo

Se deberá verificar los elementos que necesiten soldadura para el cual se deberá realizar un procedimiento de preparación de superficie necesaria para corregir los daños o contaminación producida por la fabricación.

Finalmente se retocará la pintura para corregir fallas las cuales estén explícitamente establecida en el proyecto.

5.6.4.5. Izaje de cables¹⁰⁷

En primer lugar se debe asegurar que se encuentra lejos de cualquier tendido eléctrico. Se localiza el punto exacto donde se instalará la torre y se marca, como se indica en la Figura 5.10, el punto de anclaje de los tensores.

En una pendiente, se debe prevenir que el brazo de palanca, al bajar, quede aguas abajo y los anclajes laterales al mismo nivel.

¹⁰⁷ BORNAY J. y BORNAY D.; Manual de Instrucciones y Montaje; 2002.

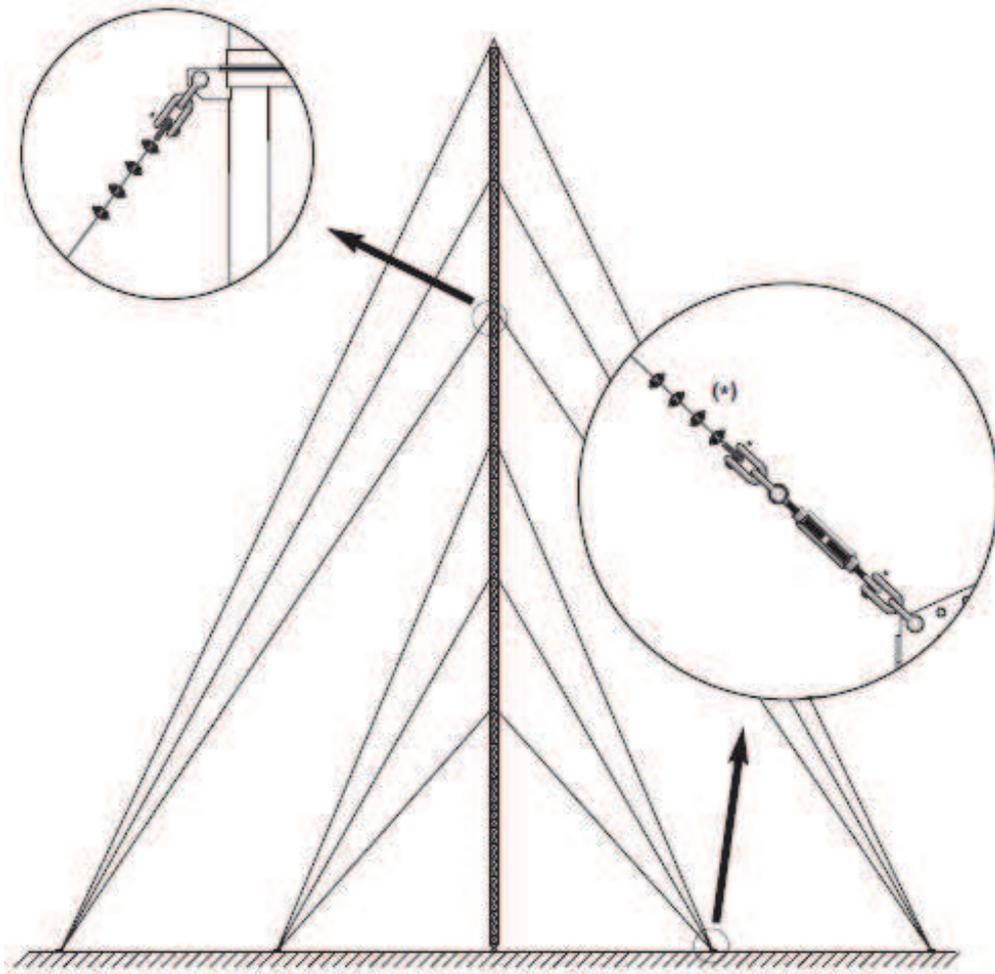


Figura 5.10: Detalle orientativo del tensado



Figura 5.11: Montaje con grúa en terreno plano

Los sujetacables se deben reapretar una vez que el cable haya sido sometido a la primera tracción. El cuerpo del sujetacable debe montarse sobre la parte activa del cable, tal como indica la Figura 5.12.

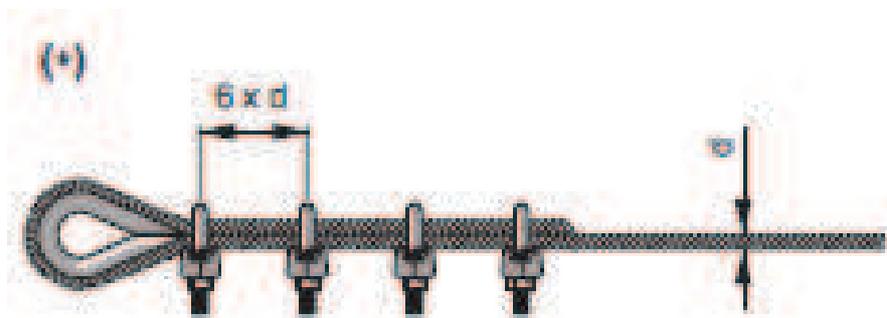


Figura 5.12: Parte activa del cable



Figura 5.13: Anclajes

Una vez marcados todos los puntos de agarre, se deben instalar los anclajes mirando hacia la torre y como se indica en la siguiente Figura 5.13.

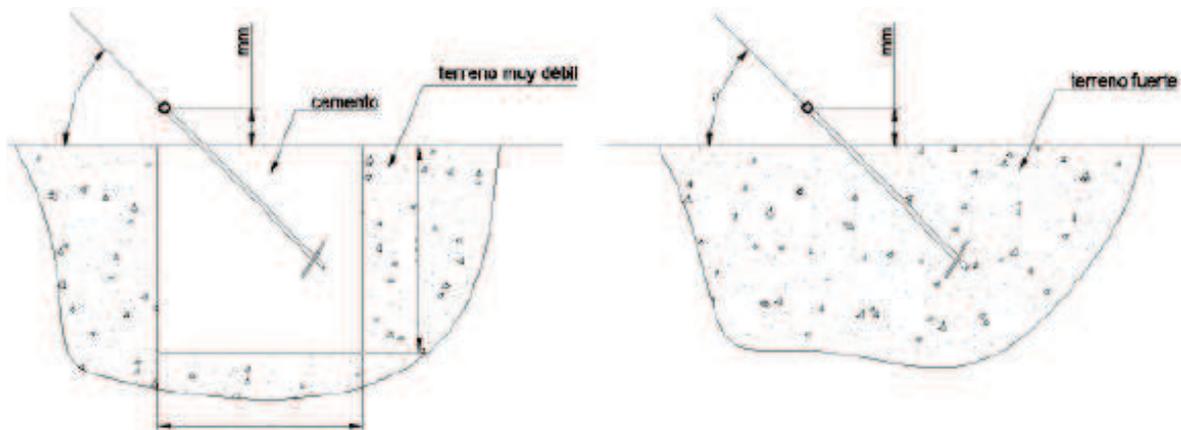


Figura 5.14: Anclajes en terreno, débil y fuerte

En el caso de que el terreno sea demasiado débil es necesaria la utilización de cimentaciones. Pero si la instalación se realiza sobre un terreno firme, se puede prescindir de ellas y anclar directamente el clavo sobre el terreno. En el mercado existen distintos tipos de clavos con este fin.

En ocasiones el suelo donde se quiere instalar la torre hay rocas de gran tamaño o es simplemente roca. Para ello existe un tipo de anclaje específico. En el caso de roca dura (como granito, basalto y roca que no rompa con facilidad) se utilizan los tornillos de expansión. Para su instalación se perfora la roca con la ayuda de una broca de diámetro y profundidad. Se instala el tornillo en la roca con algún elemento que sirva de enganche, como por ejemplo un par de eslabones de cadena. Existen distintos tipos de tornillos de expansión, y cada fabricante tiene su propio sistema de instalación.

En el caso de que la roca del terreno sea roca blanda, no es aconsejable el uso de tornillos de expansión, dado que la roca se puede romper con el uso de este tipo de fijación. Para ello se debe usar un tornillo convencional anclado con cemento.

Para su instalación se perfora la roca con diámetro y profundidad. Se introduce el cemento en primer lugar, y se debe asegurar que se rellena el agujero en su

totalidad y no quedan burbujas de aire atrapadas en el cemento. Se instala en último lugar el tornillo en el agujero.

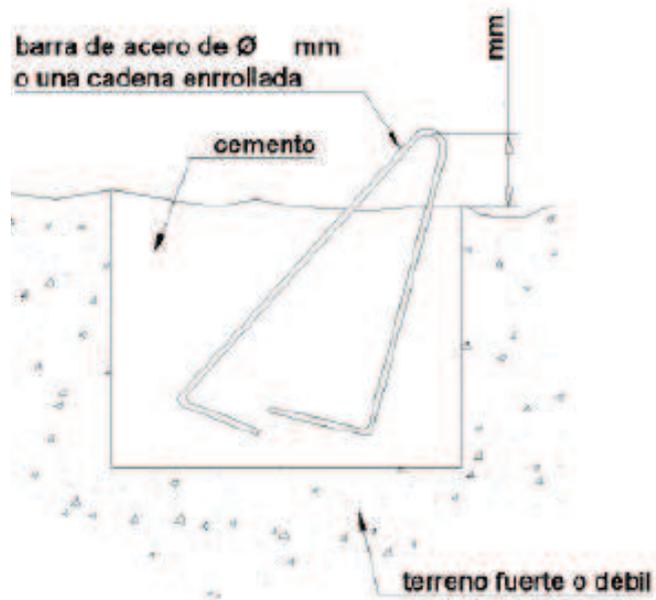


Figura 5.15: Anclaje de fácil fabricación

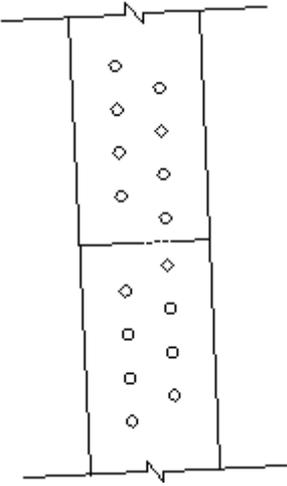
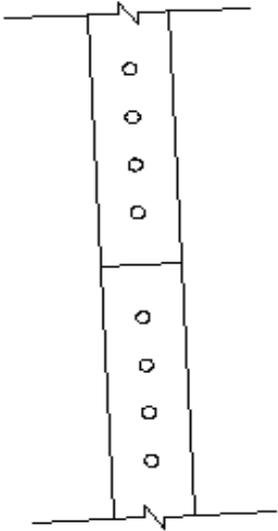


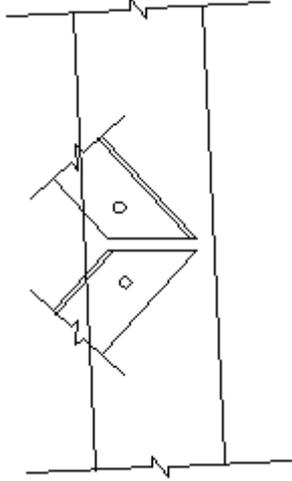
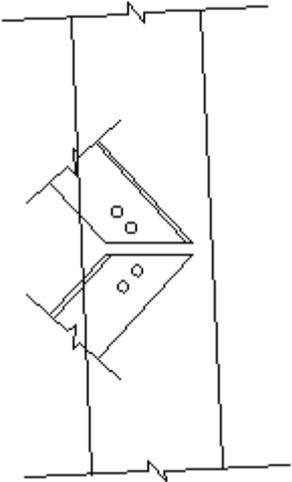
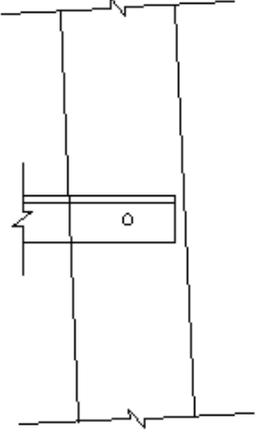
Figura 5.16: Anclaje para roca blanda y dura

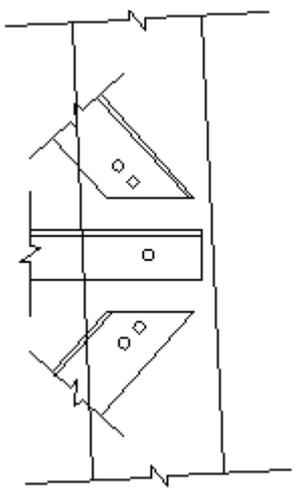
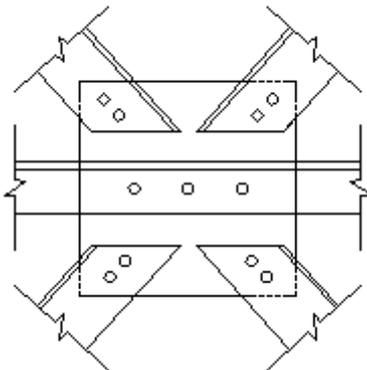
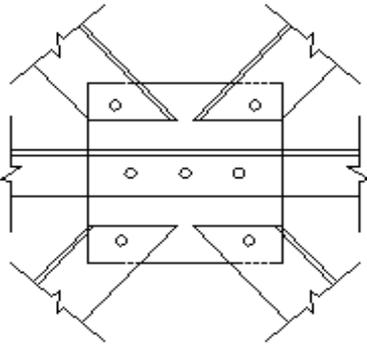
Existen varios tipos de anclajes para la torre, puede utilizar la que más le convenga según el tipo de terreno o como más fácil sea la construcción.

Existen varios sistemas de agarre de la base al suelo, y una vez más, como en el caso de los anclajes, el sistema más apropiado en su caso depende del tipo de terreno y la facilidad de construcción.

5.6.5. ELABORACIÓN DE MATRICES PARA LAS CONEXIONES DE LA TORRE

TIPO DE JUNTA	ESQUEMA
Montante - Montante	
Montante - Montante	

<p>Montante - Diagonales</p>	 A technical drawing of a vertical post with diagonal bracing. The post is shown in a perspective view, with a horizontal line at the top and bottom. Two diagonal lines cross the post, forming two triangles. Each triangle has a small circle in the center, representing a bolt or fastener. The drawing is a line drawing with no shading.
<p>Montante - Diagonales</p>	 A technical drawing of a vertical post with diagonal bracing, similar to the first drawing. It shows a vertical post with a horizontal line at the top and bottom. Two diagonal lines cross the post, forming two triangles. Each triangle has two small circles in the center, representing fasteners. The drawing is a line drawing with no shading.
<p>Montante - Péndola</p>	 A technical drawing of a vertical post with a horizontal pendulum arm. The post is shown in a perspective view, with a horizontal line at the top and bottom. A horizontal line extends from the left side of the post, representing a pendulum arm. A small circle is located on the arm, representing a fastener. The drawing is a line drawing with no shading.

<p>Montante - Diagonales, Péndola</p>	 <p>The diagram shows a vertical structural member, likely a post or column, with a horizontal pendulum (Péndola) attached to its center. Two diagonal bracing members (Diagonales) are shown on either side of the post, forming a truss structure. The drawing includes break lines at the top and bottom, indicating that the member continues above and below the shown section. Small circles and diamonds are placed at the joints to indicate connection points or fasteners.</p>
<p>Diagonales - Péndola</p>	 <p>The diagram shows a horizontal structural member, likely a beam or girder, with a horizontal pendulum (Péndola) attached to its center. Two diagonal bracing members (Diagonales) are shown on either side of the beam, forming a truss structure. The drawing includes break lines at the ends, indicating that the member continues to the left and right. Small circles and diamonds are placed at the joints to indicate connection points or fasteners.</p>
<p>Diagonales - Péndola</p>	 <p>The diagram shows a horizontal structural member, likely a beam or girder, with a horizontal pendulum (Péndola) attached to its center. Two diagonal bracing members (Diagonales) are shown on either side of the beam, forming a truss structure. The drawing includes break lines at the ends, indicating that the member continues to the left and right. Small circles and diamonds are placed at the joints to indicate connection points or fasteners.</p>

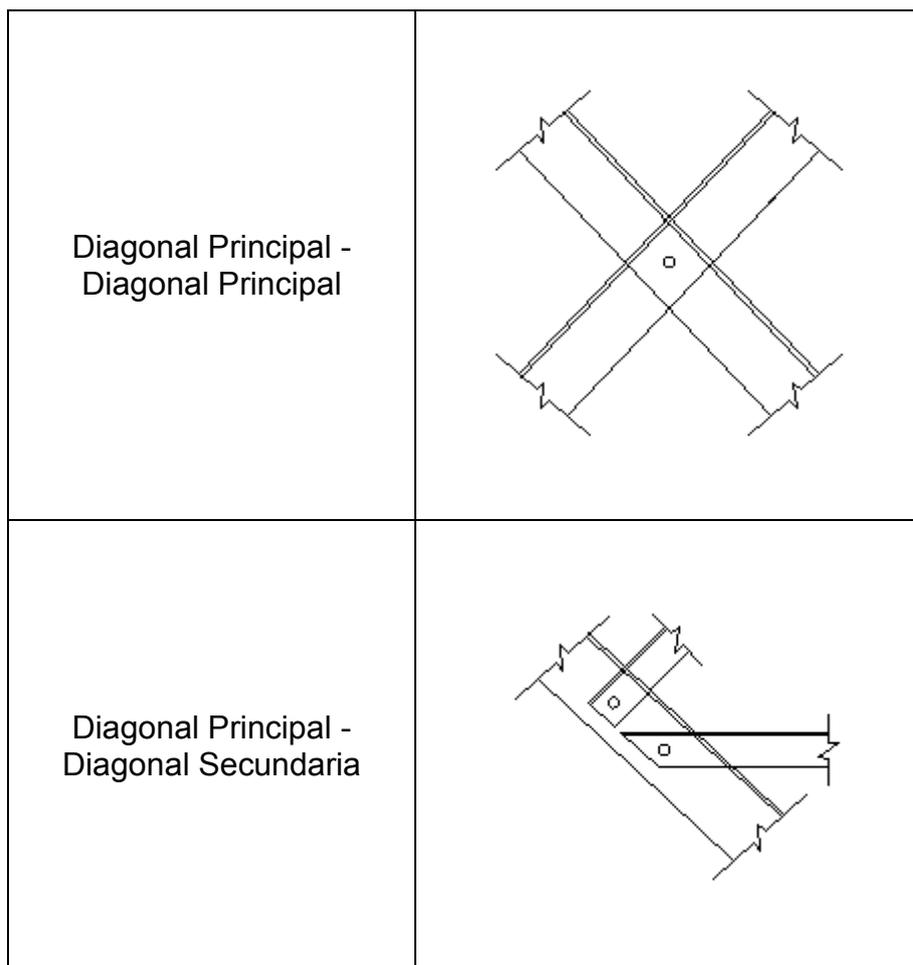


Figura 5.17: Matrices para conexiones de torre

5.6.6 INSTALACIÓN DE EQUIPOS¹⁰⁸

Una vez la torre está completamente montada y pintada, se continúa con la instalación de todos los equipos que la constituirán como un verdadero instrumento de las telecomunicaciones. Para lograr este fin, a la torre se le instalan un pararrayos, energía eléctrica y una luz de obstrucción, con el fin de cumplir con las exigencias de la Aeronáutica Civil, una puesta a tierra, los soportes y las antenas con sus respectivos cables y guías de onda. Estos equipos son instalados en su mayoría por personal técnico, y bajo su responsabilidad y conocimiento está lograr una adecuada instalación, evitando que las conexiones de las antenas queden ubicadas por debajo de las plataformas; de otra forma el personal de mantenimiento debería descolgarse por debajo de estas, arriesgando su propia integridad.

¹⁰⁸ <http://www.manceras.com.co/guiatelealtura.pdf>

En esta fase es común el ascenso de cargas pesadas, por lo que se utilizan cuerdas, poleas, sistemas de anclaje, mosquetones; el peligro de caída de objetos sobre el personal que se encuentra en tierra o sobre las estructuras cercanas es alto. Adicionalmente, los esfuerzos realizados para el levantamiento de los pesos exigen de los trabajadores colgados de sus arneses, posiciones incómodas no estudiadas a fondo por la ergonomía en el manejo de cargas, por lo que son frecuentes las lesiones de tipo muscular, que pueden impactar los indicadores de ausentismo en las compañías.

La instalación de antenas se realiza normalmente muchas veces dependiendo de las necesidades de ampliación de la red; por tal motivo es necesario tener en cuenta la resistencia de la torre basados en su cálculo original; es posible que las áreas responsables adicionen enlaces sin tener en cuenta este aspecto y por efecto de las cargas de viento, la estabilidad de la torre podría estar al límite.



Figura 5.18: Personal realizando las diferentes operaciones en torres



Figura 5.19: Personal instalando antena

5.6.7. RECOMENDACIONES IMPORTANTES

Aunque la torre está pensada para uso temporal y no para su establecimiento definitivo en un emplazamiento dado, se exigirá un control periódico del tensado de los tirantes y chequeo de apriete de tornillos.

- Se recomienda también la revisión de toda la estructura después de fuertes tormentas de viento o hielo u otras condiciones extremas.
- Así mismo, se recomienda la revisión periódica de la estructura en zonas de alta concentración de salinidad (zonas costeras) y zonas con ambientes corrosivos.
- Se exigirá a los montadores el empleo de llaves dinamométricas para el apriete de los tornillos y tuercas.
 - Las tuercas de M20 se apretarán a 54 Nm.
 - Las tuercas de M22 se apretarán a 68 Nm.
- Se desecharán tramos en los que se aprecie deformaciones producidas durante el transporte, montaje, desmontaje o vida útil de la torre.
- Se procederá a revisiones anuales y reparaciones en su caso de todas las incidencias observadas.
 - Desalineaciones y deformaciones.
 - Revisión soldaduras.
 - Revisión pintura.
 - Revisión uniones de cables.
 - Revisión cables.
 - Tensión de los cables (medir).
- La tensión de los cables medida, está sujeta a pequeñas variaciones en función del viento y la temperatura. (No medir o ajustar los cables en condiciones de fuerte viento)

CAPITULO 6

6. ANÁLISIS DE COSTOS

6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza el análisis de costos que involucra el diseño, fabricación, pintura y montaje de las estructuras tipo torres, si bien este no es el objetivo principal de este proyecto se trata de tomar en cuenta y detallar la mayor cantidad de costos que pueden existir durante la ejecución del proyecto. Los precios a considerar serán tomados del mercado actual en caso de la materia prima y equipos y en el caso de la mano de obra se tomara los valores establecidos por la cámara de comercio según la edición de junio de 2013. Como ejemplo se realizara el análisis de costos de la torres auto soportada sin tomar cuenta el costo de obra civil, de las antenas ni su montaje.

6.2. MATERIA PRIMA

En esta parte se considera toda la materia prima que se involucra en la fabricación y montaje de las torres (ángulos, canales UV, etc.) considerando procesos de corte, y perforaciones los cuales generan desperdicios de material en el proceso fabricación de cada componente estructural, considerando que dichos desperdicios no deberán sobrepasar el 3% de la materia prima tota¹⁰⁹. Para contabilizar de forma más rápida el material involucrado se hace uso de las tablas de Lista de materiales entregadas por el programa SAP2000 que se muestran a continuación.

TABLE: Material List 1 - By Object Type			
ObjectType	Material	TotalWeight	NumPieces
Text	Text	Kgf	Unitless
Frame	A36	6638,02	384

Tabla 6.1: Peso, torre autosoportada

¹⁰⁹ SIDERTECNICA empresa metalmeccánica

TABLE: Material List 1 - By Object Type			
ObjectType	Material	TotalWeight	NumPieces
Text	Text	Kgf	Unitless
Frame	A36	1724,21	672

Tabla 6.2: Peso, torre atirantada

La Tabla 6.1 indica la masa total de la torre autosoportada que se obtiene sumando todos los elementos Tabla 6.3 la cual está constituida por ángulos y canales UV, pero es importante mencionar que el valor obtenido no es el valor de materia prima total ya que no se incluyen desperdicios obtenidos en fabricación.

TABLE: Material List 2 - By Section Property				
Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
Text	Text	Unitless	mm	Kgf
PENDOLAS 80x80x6	Frame	3	18510	134,24
PENDOLAS 50x50x6	Frame	9	41420,49	183,36
PENDOLAS 50x50x5	Frame	3	10102,25	37,66
PENDOLAS 50x50x3	Frame	27	70763,7	161,63
DIAG P 40x40x3	Frame	72	150542,58	272,95
PENDOLAS 60x60x8	Frame	3	17552,95	123,45
PENDOLAS 50x50x4	Frame	3	9541,79	28,76
DIAG P AA 50x50x5	Frame	12	23514,95	175,34
DIAG S 50x50x5	Frame	1	2175,21	8,11
UV 120x120x70x10	Frame	3	18761,52	439,44
UV 120x120x70x12	Frame	3	20266,37	565,28
UV 150x150x80x12	Frame	6	39712,53	1369,51
UV 75x75x60x6	Frame	3	15115,33	144,55
UV 100x100x70x8	Frame	3	17398,86	284,92
PENDOLAS 40x40x3	Frame	6	9425	17,09
DIAG S 40x40x3	Frame	66	89623,34	162,5
DIAG S 50x50x3	Frame	41	86773,58	323,52
DIAG P 50x50x3	Frame	48	103587,33	386,2
DIAG P 60x60x5	Frame	24	86908,98	392,24
DIAG P 60x60x6	Frame	1	4246,77	22,8
DIAG P 75x75x5	Frame	21	92860,44	528,43
DIAG P 75x75x4	Frame	8	33384,24	153,03
DIAG P 80x80x5	Frame	6	26432,13	160,79
UV 60x60x60x6	Frame	12	68980,42	562,22

Tabla 6.3: Lista de materiales, torre autosoportada

TABLE: Material List 2 - By Section Property				
Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
Text	Text	Unitless	mm	Kgf
PENDOLA O 25x25x25x25x3	Frame	6	1939,44	4,02
PENDOLA 25x25x3	Frame	315	116814,82	129,28
DIAG P 30x30x4	Frame	321	191214,42	336,19
UV 60x60x60x6	Frame	24	131100	1068,52
UV 75x75x60x6	Frame	6	19470,98	186,2

Tabla 6.4: Lista de materiales, torre

Para conocer la cantidad en kg de materia total incluyendo desperdicios se sumará el 3% de desperdicio al valor entregado en la Tabla 6.1 el cual será el valor de materia prima total a comprar.

$$\text{Masa Total} = 6638,02 * (1 + 3\%) = 6837,17 \text{ kg}$$

MATERIA PERFILERÍA					
ITEM	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio unitario USD/ kg	Costo Total USD
1	Materia Prima	kg	6837,161	1,35	9230,17

Tabla 6.5: Costo de la Perfilaría

Además todos los elementos que conforman la estructura de la torre se unirán mediante pernos de alta resistencia especificados bajo normas ASTM A325 y A490.

ELEMENTOS DE UNIÓN					
ITEM	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio unitario USD/ kg	Costo Total USD
2	PERNOS ASTM ½*2½ pulg.	u.	938	0,8	750,4

Tabla 6.6: Costo Pernos

6.2. MANO DE OBRA DIRECTA

A continuación se detalla la mano de obra que se necesita para la fabricación en taller y montaje de la estructura considerando un tiempo de seis semanas.

MANO DE OBRA DIRECTA					
ITEM	Personal	Cantidad	USD/	Semanas	Total
3	Ing. De Diseño	1	\$ 250,00	1	\$ 250,00
	Ing. De Taller	1	\$ 250,00	2	\$ 500,00
	Ing. De Montaje	1	\$ 300,00	3	\$ 900,00
	Dibujantes a CAD	1	\$ 200,00	6	\$ 1.200,00
	Soldadores	1	\$ 150,00	6	\$ 900,00
	Armadores	3	\$ 125,00	6	\$ 750,00
	Ayudantes	4	\$ 80,00	6	\$ 480,00
	Operador de Grúa	1	\$ 150,00	3	\$ 450,00
TOTAL					\$ 5.430,00

Tabla 6.7: Costo mano de obra directa

Los costos de cada ítem de la Tabla 6.7 han sido proporcionados por la empresa Sidertécnica Cia. Ltda.

6.3. TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Todos los elementos que constituyen la torre tendrán un tratamiento superficial de galvanizado en caliente según la norma ASTM 123 para una mejor resistencia a la corrosión y posteriormente una capa de pintura anticorrosiva.¹¹⁰

TRATAMINETO SUPERFICIAL					
ITEM	Tratamineto Superficial	Unidad	Cantidad	Precio unitario USD/ kg	Costo Total USD
4	Galvanizado en caliente	kg	6638,02	0,5	\$ 3.319,01
	Pintura Anticorrosiva	kg	6638,02	0,1	\$ 663,80
Total					\$ 3.982,81

Tabla 6.8: Tratamiento Superficial

6.4. MAQUINARIA, EQUIPOS Y CONSUMIBLES

En este ítem se considera la maquinaria, equipos y consumibles que se utilizarán durante la fabricación y montaje de la estructura.

¹¹⁰ Datos proporcionados por la Empresa SIDERTÉCNICA CIA.LTDA

MAQUINARIA Y EQUIPOS					
ITEM	Maquinaria/Equipos	Cantidad	USD/ día	días	Total
5	Soldadoras	1	\$ 20,00	5	\$ 100,00
	Cortadora de plasma	1	\$ 20,00	10	\$ 200,00
	Tronzadoras	3	\$ 10,00	10	\$ 100,00
	Amoladoras	3	\$ 5,00	10	\$ 50,00
	Taladro de Pedestal	3	\$ 20,00	10	\$ 200,00
	Compresor	1	\$ 15,00	10	\$ 150,00
	Camión grúa de 6 Toneladas	1	\$ 100,00	15	\$ 1.500,00
				Total	\$ 2.300,00

Tabla 6.9: Costo Maquinaria y equipos

Los consumibles que se considera durante la fabricación del proyecto como son: discos de corte, consumibles de plasma, electrodos, equipos de seguridad industrial, herramienta menor, etc. Se lo cuantifica de la siguiente manera¹¹¹:

$$\text{Costo de consumibles} = \text{Costo de materia prima} * 5\%$$

CONSUMIBLES			
ITEM	Concepto	Porcentaje	Total
6	Consumibles	5%	461,51

Tabla 6.10: Costo Consumibles

6.5. COSTOS VARIOS

En este ítem se considera todos los costos difíciles de cuantificar como son la agua, energía eléctrica y cualquier imprevisto que se presente en la ejecución del proyecto.¹¹²

$$\text{Costo varios} = \text{Costo de materia prima} * 3\%$$

¹¹¹ SILVA C., MORALES S.; Diseño de un puente grúa de 5 toneladas de capacidad para la industria metal mecánica; 2011; pág.: 319

¹¹² SILVA C., MORALES S.; Diseño de un puente grúa de 5 toneladas de capacidad para la industria metal mecánica; 2011; pág.: 318

COSTOS VARIOS			
ITEM	Concepto	Porcentaje	Total
7	Costos Varios	3%	276,91

Tabla 6.11: Costo varios

6.6. COSTOS TOTALES

En la Tabla 6.12 y 6.13 se muestra el total de costos para la fabricación y montaje de la torre autoportada y atirantada respectivamente.

COSTOS TOTALES TORRE AUTOSOPORTADA		
ITEM	Detalle	USD
1	Materia Prima	9.230,17
2	Elementos de unión	750,40
3	Mano de obra directa	5.430,00
4	Tratamiento superficial	3.982,81
5	Maquinaria/ equipos	2.300,00
6	Consumibles	499,03
7	Costos varios	299,42
TOTAL		22.491,82

Tabla 6.12: Costo totales, torre autoportada

Si el valor total se lo representa en costo unitario USD/kg dividiendo el costo total para la cantidad en kg de acero a comprar, se obtendrá un valor de 3,29 dólares por kg de acero que el costo unitario de fabricación y montaje de la torre autoportada sin considerar obra civil.

En la Tabla 6.13 los costos considerado se estiman de igual forma que para la torre autoportada, añadiendo los costos generados por cables y elementos tensores, en un tiempo estimado de fabricación y montaje de 3 semanas ya que es una estructura de menor peso lo cual genera un costo unitario de 3,68 dólares por kg sin considerar obra civil.

COSTOS TOTALES TORRE ATIRANTADA		
ITEM	Detalle	USD
1	Materia Prima	2.397,51
2	Elementos de unión y tensores	83,20
3	Mano de obra directa	1.960,00
4	Tratamiento superficial	1.034,53
5	Maquinaria/ equipos	870,00
6	Consumibles	124,04
7	Costos varios	74,42
	TOTAL	6.543,70

Tabla 6.13: Costo totales, torre atirantada

CAPITULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos mediante los modelos en el programa SAP2000 se basan en los datos recopilados de cada una de las torres, obtenidos IN-SITU, para el análisis Mecánico-Estructura del sistema en base a los parámetros normativos impuestos en el programa.
- Los modelos estructurales simulados en el programa SAP2000, responde a la tipología y el comportamiento físico del sistema. Los apoyos están articulados, las juntas son discontinuas y los apoyos externos son compuestos.
- Tanto en la torre autoportada como atirantada la relación Carga Externa/Peso Torre es menor a 1.0, por tanto ambas torres trabajan en condiciones estables.
- De acuerdo con los resultados entregados por el programa SAP2000 las deformaciones de los elementos no exceden los límites elásticos, las derivas de las estructuras en relación a su altura total corresponde a valores menores al 1%.
- Luego de realizar el análisis de las presentes estructuras con cargas de viento generadas a una velocidad de 120km/h, es factible la colocación de los equipos a proyectar.
- En base a los índices de trabajo obtenidos por el programa SAP2000 se ha logrado determinar que el diseño de la estructura es lo bastante conservador como para añadir equipos adicionales a los existentes y proyectas.

- Del análisis realizado de las juntas principales se observa que existe un factor de seguridad mayor a dos ya que el número de pernos calculados son diseñados con este factor y el número de pernos existentes en las torres son mayores.
- Los resultados muestran que ambas torres se encuentran con sobredimensionamiento es sus elementos debido a que presentan índices de trabajo bajos.

7.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ser muy precavidos con los modelos analizados en el programa SAP2000 ya que se debe realizar una serie de consideraciones e interpretar adecuadamente los resultados emitidos por el programa debido a que siempre el criterio final lo posee el diseñador.
- En caso de añadir más equipos a los ya existentes y proyectados se recomienda realizar el análisis respectivo referente a dichos equipos.
- Para el caso de las juntas analizadas se recomienda realizar una inspección meticulosa para determinar el estado real y confiabilidad de las mismas en las torres.
- Se recomienda en caso de torres no galvanizadas inspeccionar la calidad de la pintura para determinar el grado de corrosión presente y tomar las medidas de prevención y/o corrección necesarias.
- Se recomienda realizar un análisis detenido de las cimentaciones de las estructuras ya que al ser parte esencial sus condiciones de trabajo también se verán afectadas por las cargas extra.
- Previo al análisis mecánico-estructural se recomienda definir e interpretar claramente las normas y códigos aplicables y relacionarlas adecuadamente con el programa de análisis a utilizar.

BIBLIOGRAFÍA

- BRESLER B. T. y LIN, JHON B. SCALZI; Diseño de estructuras de acero; Limusa; Novena Edición; 1997.
- SYDNEY H. AVNER; Introducción a la metalurgia física; McGraw-Hill; Segunda Edición; 1988.
- GONZALES J. L.; Metalurgia Mecánica; Limusa; Primera Edición; 2003.
- RICHARD G. BUDYNAS, J. KEITH NISBETT; Diseño en ingeniería mecánica de Shigley; McGraw-Hill; Octava Edición; 2006.
- Telecommunication industry association; Norma TIA/EIA-222-F; Edición 96.
- NEC; “Norma Ecuatoriana de la Construcción”; 2011.
- Specification for Structural Steel Buildings; ANSI/AISC 360-10
- Especificación para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío; AISI
- AISC; “Steel Construction Manual”; 14va Edición.
- ORTEGA A. y VELASCO L.; Mejoramiento de productividad y calidad del proceso de corte; 2012.
- BORNAY J. y BORNAY D.; Manual de Instrucciones y Montaje; 2002
- Empresa SIDERTÉCNICA CIA.LTDA
- SILVA C., MORALES S.; Diseño de un puente grúa de 5 toneladas de capacidad para la industria metal mecánica.

CITAS WEB

- http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001-156_sp/
- <http://blogcomunicacionesmoviles.blogspot.com/2011/07/estacion-base-celular-ebc.html>
- <http://www.towertel.com.pe/torres-ventadas.php>
- <http://www.montajes-mam.com/servicios.php?id=14>
- <http://www.leoncables.net/flipping/index.html>, Catalogo de cables
- http://fuentesdx.blogspot.com/2011_02_01_archive.html
- http://www.granviashop.com/index.php?compra=comprar_en_tiendas
- <http://www.tagliolaser.net/es/corte-laser-vigas/index.html>
- <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-el-oxicorte/>
- <http://www.galvanizadoslacunza.com/ProcesoGalvanizado.htm#Proceso>
- <http://spanish.alibaba.com/product-free/telecommunication-tower-11842130.html>
- http://www.nicer.es/proyectos/sercomsa/index.php?modulo=actividades&id_subfamilia=41&idioma=es
- <http://www.eac.com.co/files/Ing.%20Arnaldo%20Gutierrez%20-%20L3%20Torres.pdf>
- <http://www.manceras.com.co/guiatelealtura.pdf>
- http://iesramonycajaltocina.es/ciclo/Vocabulario/vocabulario_t8/html/omnidireccional.html
- <http://antenasulat2012.blogspot.com/p/funcionamiento-de-la-antena-yagi.html>
- <http://www.zdacomm.com/wireless-antenna-category-a-z/flat-panel-antenna/>
- <http://hogar.pisos.com/bricolaje/tus-reformas/trucos-de-bricolaje/como-orientar-tu-antena-parabolica/>
- <http://carlosmontanaef.blogspot.com/2011/10/arranque-por-viruta.html>
- <http://www.hechoxnosotrosmismos.com/t4624-corte-a-chorro-de-agua>
- http://www.amzingenieros.com/?page_id=17
- <http://www.galvanizadoslacunza.com/ProcesoGalvanizado.htm#Proceso>
- <http://www.manceras.com.co/guiatelealtura.pdf>

ANEXO A
PERFILES DE DISEÑO

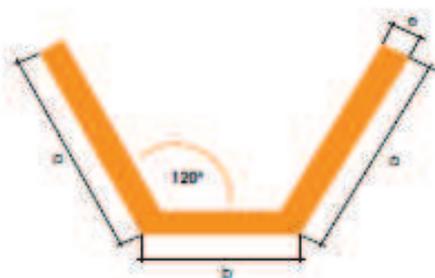
PERFILES ESTRUCTURALES CANALES UV

Especificaciones Generales

Otros acabados	Previa consulta
Largo normal	6mts
Otros largos	
Espesores	DESDE 1.5mm hasta 12mm
Acabados	Natural
Otro acabado	Previa consulta



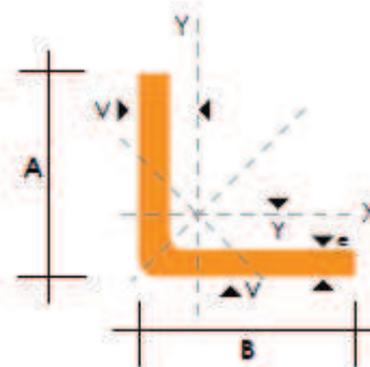
PERFIL TIPO	DIMENSIONES			PESO Kg/m	AREA cm ²
	mm				
	a	b	e		
UV 1	60	60	6	8.48	10.80
UV 2	75	50	6	9.42	12.00
UV 3	75	60	6	9.89	12.60
UV 4	100	60	6	12.25	15.60
UV 5	100	60	8	16.33	20.80
UV 6	100	70	8	16.96	21.60
UV 7	100	60	10	20.41	26.00
UV 8	120	70	10	24.34	31.00
UV 9	120	70	12	29.20	37.20
UV 10	150	80	12	35.80	45.60



PERFILES ESTRUCTURALES ANGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales

Norma	INEN 1 623: 2000
Otros estándares	Previa consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa consulta
Epesores	Desde 1,5 hasta 12 mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS		SECCION	EJE X-X = EJE Y-Y				EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg		cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58	1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.86	1.33	1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88	2.36	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25	2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.76	8.57	2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05	2.30	2.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.36	68.89	13.38	2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72	2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28	2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80	2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67	2.46	2.37	3.16	1.46
80	80	10	68.94	11.49	14.36	84.94	15.36	2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87	2.40	2.57	3.10	1.38



Continuación del cuadro anterior

DIMENSIONES			PESOS		SECCION-	EJE X-X =		EJE Y-Y		EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm
100	100	5	45.18	7.53	9.59	95.50	13.10	3.16	2.73	4.01	1.95
100	100	6	54.72	9.12	11.40	112.50	15.58	3.14	2.78	4.00	1.92
100	100	8	71.76	11.96	14.95	144.63	20.29	3.11	2.87	3.97	1.89
100	100	10	88.14	14.69	18.36	173.85	24.73	3.08	2.97	3.94	1.83
100	100	12	105.12	17.52	21.63	201.12	28.98	3.05	3.06	3.92	1.82
100	100	14	120.42	20.07	24.78	225.60	32.98	3.02	3.16	3.89	1.75
125	125	5	56.94	9.49	12.10	190.00	20.80	3.96	3.35	5.03	2.46
125	125	6	69.12	11.52	14.40	224.55	24.67	3.95	3.40	5.02	2.44
125	125	8	90.96	15.16	18.95	290.90	32.29	3.92	3.49	4.99	2.47
125	125	10	112.14	18.69	23.36	353.10	39.63	3.89	3.59	4.96	2.35
125	125	12	134.28	22.38	27.63	411.29	46.63	3.86	3.68	4.94	2.32
125	125	14	154.44	25.74	31.78	465.43	53.38	3.83	3.78	4.91	2.27
150	150	6	83.52	13.92	17.40	393.59	35.88	4.75	4.03	6.04	2.94
150	150	8	110.16	18.36	22.95	512.45	47.10	4.72	4.12	6.01	2.92
150	150	10	136.14	22.69	28.36	625.31	57.95	4.69	4.21	5.98	2.87
150	150	12	163.14	27.24	33.60	732.00	68.50	4.67	4.31	5.96	2.84
150	150	14	183.60	30.60	37.78	833.33	78.62	4.64	4.40	5.93	2.79
175	175	6	99.18	16.53	20.41	631.44	49.14	5.56	4.65	7.06	3.45
175	175	8	131.22	21.87	26.90	825.00	64.70	5.53	4.74	7.03	3.43
175	175	10	160.20	26.70	33.40	1010.00	79.80	5.50	4.84	7.01	3.39
175	175	12	192.54	32.09	39.60	1190.00	94.50	5.47	4.93	6.98	3.35
175	175	14	222.24	37.04	45.80	1360.00	109.00	5.44	5.03	6.95	3.35
200	200	6	112.32	18.72	23.40	949.53	64.50	6.37	5.28	8.08	3.95
200	200	8	148.56	24.76	30.95	1243.96	85.02	6.34	5.37	8.05	3.32
200	200	10	184.14	30.69	38.36	1527.52	105.05	6.31	5.46	8.02	3.39
200	200	12	221.14	36.94	45.60	1800.00	125.00	6.28	5.55	8.00	3.36
200	200	14	256.26	42.71	52.80	2060.00	144.00	6.25	5.65	7.97	3.42
250	250	6	141.12	23.52	29.40	1874.06	101.46	7.98	6.53	10.12	4.97
250	250	8	186.96	31.16	38.95	2464.09	134.06	7.95	6.62	10.09	4.34
250	250	10	232.14	38.69	48.36	3037.01	166.04	7.92	6.71	10.06	4.37
250	250	12	280.08	46.68	57.63	3593.42	197.44	7.90	6.80	10.04	4.38
250	250	14	324.54	54.09	66.78	4132.57	228.32	7.87	6.90	10.01	4.32

ANEXO B
COEFICIENTES PARA CALCULAR LA FUERZA DE
VIENTO

Tabla B1. Coeficientes para calcular la fuerza de viento en paraboloides típicas sin radomo

ÁNGULO DEL VIENTO Θ (GRADOS)	C_A	C_S	C_M
0	0,00397	0,00000	0,000000
10	0,00394	-0,00012	-0,000065
20	0,00396	-0,00013	-0,000097
30	0,00398	-0,00008	-0,000108
40	0,00408	0,00002	-0,000137
50	0,00426	0,00023	-0,000177
60	0,00422	0,00062	-0,000223
70	0,00350	0,00117	-0,000020
80	0,00195	0,00097	0,000256
90	-0,00003	0,00088	0,000336
100	-0,00103	0,00098	0,000338
110	-0,00118	0,00106	0,000343
120	-0,00117	0,00117	0,000366
130	-0,00120	0,00120	0,000374
140	-0,00147	0,00114	0,000338
150	-0,00198	0,00100	0,000278
160	-0,00222	0,00075	0,000214
170	-0,00242	0,00037	0,000130
180	-0,00270	0,00000	0,000000
190	-0,00242	-0,00037	-0,000130
200	-0,00222	-0,00075	-0,000214
210	-0,00198	-0,00100	-0,000278
220	-0,00147	-0,00114	-0,000338
230	-0,00120	-0,00120	-0,000374
240	-0,00117	-0,00117	-0,000366
250	-0,00118	-0,00106	-0,000343
260	-0,00103	-0,00098	-0,000338
270	-0,00003	-0,00088	-0,000336
280	0,00195	-0,00097	-0,000256
290	0,00350	-0,00117	0,000020
300	0,00422	-0,00062	0,000223
310	0,00426	-0,00023	0,000177
320	0,00408	-0,00002	0,000137
330	0,00398	0,00008	0,000108
340	0,00396	0,00013	0,000097
350	0,00394	0,00012	0,000065

Tabla B2. Coeficientes para calcular la fuerza de viento en paraboloides típicas con radomo

ÁNGULO DEL VIENTO Θ (GRADOS)	C_A	C_S	C_M
0	0,00221	0,00000	0,00000
10	0,00220	0,00038	-0,000204
20	0,00210	0,00076	-0,000285
30	0,00195	0,00105	-0,000277
40	0,00170	0,00125	-0,000205
50	0,00140	0,00136	-0,000114
60	0,00107	0,00128	-0,000002
70	0,00080	0,00118	0,000130
80	0,00058	0,00112	0,000268
90	0,00034	0,00104	0,000390
100	0,00008	0,00100	0,000434
110	-0,00017	0,00095	0,000422
120	-0,00042	0,00089	0,000404
130	-0,00075	0,00082	0,000357
140	-0,00105	0,00078	0,000232
150	-0,00133	0,00070	0,000132
160	-0,00154	0,00058	0,000063
170	-0,00168	0,00038	0,000022
180	-0,00177	0,00000	0,000000
190	-0,00168	-0,00038	-0,000022
200	-0,00154	-0,00058	-0,000063
210	-0,00133	-0,00070	-0,000132
220	-0,00105	-0,00078	-0,000232
230	-0,00075	-0,00082	-0,000357
240	-0,00042	-0,00089	-0,000404
250	-0,00017	-0,00095	-0,000422
260	-0,00008	-0,00100	-0,000434
270	0,00034	-0,00104	-0,000390
280	0,00058	-0,00112	-0,000268
290	0,00080	-0,00118	-0,000130
300	0,00107	-0,00128	0,000002
310	0,00140	-0,00136	0,000114
320	0,00170	-0,00125	0,000205
330	0,00195	-0,00105	0,000277
340	0,00210	-0,00076	0,000285
350	0,00220	-0,00038	0,000204

Tabla B3. Coeficientes para calcular la fuerza de viento en antenas paraboloideas típicas con protector cilíndrico

ÁNGULO DEL VIENTO Θ (GRADOS)	C_A	C_S	C_M
0	0,00323	0,00000	0,000000
10	0,00323	0,00025	-0,000072
20	0,00320	0,00045	-0,000116
30	0,00310	0,00060	-0,000133
40	0,00296	0,00072	-0,000125
50	0,00278	0,00078	-0,000083
60	0,00242	0,00094	-0,000022
70	0,00172	0,00122	-0,000058
80	0,00070	0,00149	-0,000178
90	-0,00028	0,00160	0,000251
100	-0,00088	0,00154	0,000288
110	-0,00138	0,00136	0,000292
120	-0,00182	0,00112	0,000266
130	-0,00220	0,00080	0,000237
140	-0,00239	0,00059	0,000199
150	-0,00245	0,00045	0,000158
160	-0,00249	0,000380	0,000112
170	-0,00255	0,00025	0,000059
180	-0,00260	0,00000	0,000000
190	-0,00255	-0,00025	-0,000059
200	-0,00249	-0,00038	-0,000112
210	-0,00245	-0,00045	-0,000158
220	-0,00239	-0,00059	-0,000199
230	-0,00220	-0,00080	-0,000237
240	-0,00182	-0,00112	-0,000266
250	-0,00138	-0,00136	-0,000292
260	-0,00088	-0,00154	-0,000288
270	-0,00028	-0,00160	-0,000251
280	0,00070	-0,00149	-0,000178
290	0,00172	-0,00122	-0,000058
300	0,00242	-0,00094	0,000022
310	0,00278	-0,00078	0,000083
320	0,00296	-0,00072	0,000125
330	0,00310	-0,00060	0,000133

Tabla B4. Coeficientes para calcular la fuerza de viento en antenas de rejilla típicas sin hielo

ÁNGULO DEL VIENTO Θ (GRADOS)	C_A	C_S	C_M
0	0,00137	0,00000	0,000000
10	0,00134	0,00026	0,000043
20	0,00130	0,00046	0,000074
30	0,00118	0,00059	0,000098
40	0,00104	0,00067	0,000115
50	0,00088	0,00070	0,000127
60	0,00060	0,00072	0,000135
70	0,00033	0,00070	0,000142
80	0,00010	0,00064	0,000126
90	-0,00013	0,00062	0,000111
100	-0,00030	-0,00070	0,000120
110	-0,00048	0,00073	0,000129
120	-0,00068	0,00071	0,000131
130	-0,00086	0,00067	0,000127
140	-0,00104	0,00060	0,000114
150	-0,00122	0,00052	0,000095
160	-0,00140	0,00040	0,000070
170	0,00150	0,00022	0,000038
180	-0,00152	0,00000	0,000000
190	-0,00150	-0,00022	-0,000038
200	-0,00140	-0,00040	-0,000070
210	-0,00122	-0,00052	-0,000095
220	-0,00104	-0,00060	-0,000114
230	-0,00086	-0,00067	-0,000127
240	-0,00068	-0,00071	-0,000131
250	-0,00048	-0,00073	-0,000129
260	-0,00030	-0,00070	-0,000120
270	-0,00013	-0,00062	-0,000111
280	0,00010	-0,00064	-0,000126
290	0,00033	-0,00070	-0,000142
300	0,00060	-0,00072	-0,000135
310	0,00088	-0,00070	-0,000127
320	0,00104	-0,00067	-0,000115
330	0,00118	-0,00059	-0,000098
340	0,00130	-0,00046	-0,000074
350	0,00134	-0,00026	-0,000043

Nota: En ausencia de información más precisa, para las antenas de rejilla con hielo usar los coeficientes para calcular la fuerza de viento en paraboloides típicas sin radomo de la Tabla B1.

Tabla B5. Coeficientes para calcular la fuerza de viento en antenas de reflector de bocina cónicas típicas

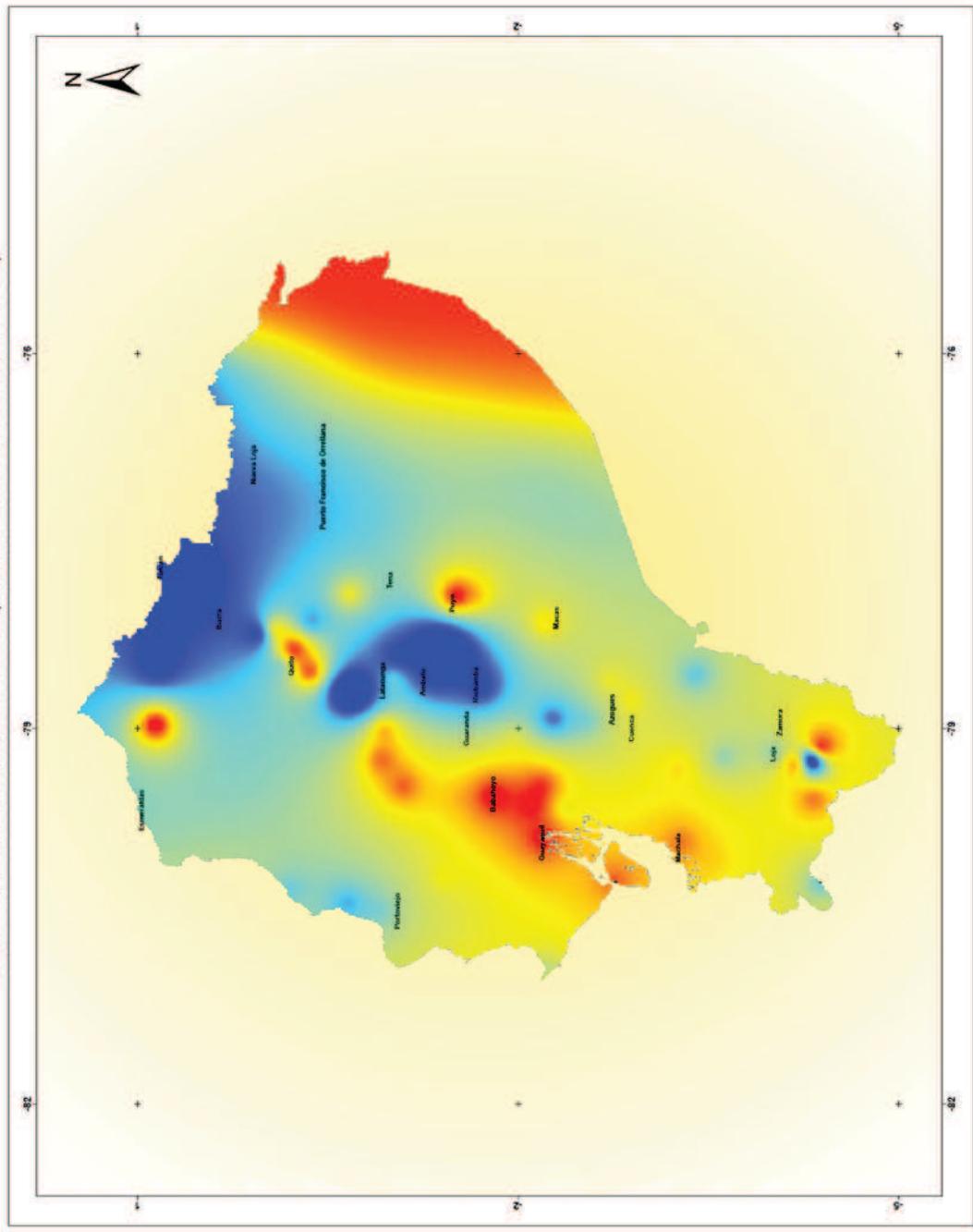
ÁNGULO DEL VIENTO Θ (GRADOS)	C_A	C_S	C_M
0	0,00338	0,00000	0,00000
10	0,00355	0,00004	-0,00005
20	0,00354	0,00025	-0,00007
30	0,00345	0,00077	-0,00001
40	0,00335	0,00142	0,00009
50	0,00299	0,00181	0,00023
60	0,00235	0,00208	0,00035
70	0,00154	0,00237	0,00044
80	0,00059	0,00248	0,00046
90	-0,00020	0,00245	0,00040
100	-0,00062	0,00240	0,00032
110	-0,00088	0,00235	0,00030
120	-0,00147	0,00225	0,00032
130	-0,00225	0,00201	0,00027
140	-0,00289	0,00167	0,00021
150	-0,00323	0,00113	0,00014
160	-0,00367	0,00052	0,00007
170	-0,00375	0,00010	0,00003
180	-0,00356	0,00000	0,00000
190	-0,00375	-0,00010	-0,00003
200	-0,00367	-0,00052	-0,00007
210	-0,00323	-0,00113	-0,00014
220	-0,00289	-0,00167	-0,00021
230	-0,00225	-0,00201	-0,00027
240	-0,00147	-0,00225	-0,00032
250	-0,00088	-0,00235	-0,00030
260	-0,00062	-0,00240	-0,00032
270	-0,00020	-0,00245	-0,00040
280	0,00059	-0,00248	-0,00046
290	0,00154	-0,00237	-0,00044
300	0,00235	-0,00208	-0,00035
310	0,00299	-0,00181	-0,00023
320	0,00335	-0,00142	-0,00009
330	0,0345	-0,00077	0,00001
340	0,00354	-0,00025	0,00007
350	0,00335	-0,00004	0,00005

Tabla B6. Coeficientes para calcular la fuerza de viento en reflectores pasivos típicos

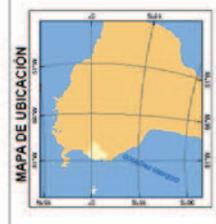
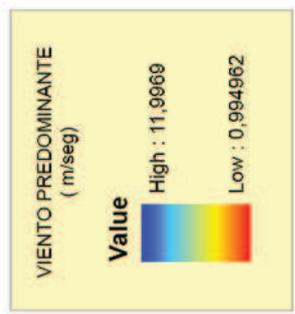
ÁNGULO DEL VIENTO Θ (GRADOS)	C_A	C_S	C_M
0	0,00351	0,00000	0,000000
10	0,00348	0,00003	-0,000077
20	0,00341	0,00008	-0,000134
30	0,00329	0,00010	-0,000180
40	0,00309	0,00013	-0,000198
50	0,00300	0,00018	-0,000208
60	0,00282	0,00021	-0,000262
70	0,00178	0,00023	-0,000225
80	0,00071	0,00027	-0,000129
90	-0,00010	0,00030	0,000030
100	-0,00108	0,00035	0,000180
110	-0,00235	0,00039	0,000225
120	-0,00348	0,00036	0,000210
130	-0,00348	0,00029	0,000148
140	-0,00360	0,00023	0,000126
150	-0,00376	0,00019	0,000109
160	-0,00390	0,00012	0,000080
170	-0,00400	0,00008	0,000042
180	-0,00403	0,00000	0,000000
190	-0,00400	-0,00008	-0,000042
200	-0,00390	-0,00012	-0,000080
210	-0,00376	-0,00019	-0,000109
220	-0,00360	-0,00023	-0,000126
230	-0,00348	-0,00029	-0,000148
240	-0,00348	-0,00036	-0,000210
250	-0,00235	-0,00039	-0,000225
260	-0,00108	-0,00035	-0,000180
270	-0,00010	-0,00030	-0,000030
280	0,00071	-0,00027	0,000129
290	0,00178	-0,00023	0,000225
300	0,00282	-0,00021	0,000262
310	0,00300	-0,00018	0,000208
320	0,00309	-0,00013	0,000198
330	0,00329	-0,00010	0,000180
340	0,00341	-0,00008	0,000134
350	0,00348	-0,00003	0,000077

ANEXO C
DATOS INAMHI

REPUBLICA DEL ECUADOR (VIENTO PREDOMINANTE)



LEYENDA



ESCALA GRAFICA 1:17

PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERKATOR
DATUM HORIZONTAL WGS84
DATUM VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR ESTACION MAREOGRAFICA DE LA LIBERTAD
ZONA 17 SUR

- SIGNOS CONVENCIONALES
- Rios
 - Quadradas
 - Cuerpo de agua
 - Limite provincial
 - Limite internacional
 - Limite Cuenca hidrografica
 - Limite de zona hidrografica
 - Caseros
 - Centros poblados
 - Vias de primer orden
 - Vias de segundo orden
 - Vias de tercer orden
 - Caminos de vecino y senderos
 - Linea férrea
 - Curva principal
 - Curva secundaria

INAMHI INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

MAPA DE ISOTACAS A NIVEL NACIONAL

Elaborado por: Dirección Gestión Hidrológica
Dirección Gestión Meteorológica

Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2009, Inase
Regional escala 1:20000
- INAMHI, 2011

Escala de Trabajo: 1:20000
Fecha: Noviembre de 2011
Mapa: No. 1 / 1

ANEXO D
COEFICIENTES DE FUERZA

TABLA A.1: Coeficientes de fuerza (C_F) para estructuras tipo monoposte en voladizo

Coeficientes de fuerza (C_F) para estructuras tipo monoposte en voladizo					
C (mph ft)	Circular	16 lados $r < 0.26$	16 lados $r \geq 0.26$	12 lados	8 lados
< 32	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
32 a 64	$\frac{130}{(C)^{1.3}}$	$1.78 + 1.40r - \frac{C}{91.5} - \frac{C(r)}{22.9}$	$0.72 + \frac{(64 - C)}{44.8}$	$\frac{12.5}{(C)^{0.6}}$	1.20
> 64	0.59	$1.08 - 1.40r$	0.72	1.03	1.20
Unidades del SI					
C (m/s m)	Circular	16 lados $r < 0.26$	16 lados $r \geq$	12 lados	8 lados
< 4.4	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
4.4 a 8.7	$\frac{9.74}{(C)^{1.3}}$	$1.78 + 1.40r - \frac{C}{12.5} - \frac{C(r)}{3.12}$	$0.72 + \frac{(8.7 - C)}{6.10}$	$\frac{3.78}{(C)^{0.6}}$	1.20
> 8.7	0.59	$1.08 - 1.40r$	0.72	1.03	1.20
$C = \sqrt{K_z} V D_p$ para D_p en ft [m]					
Notas:					
1. Estos coeficientes de fuerza se aplican solamente a las estructuras tipo monoposte en voladizo aisladas o montadas en la parte superior de una estructura reticulada.					
2. Los coeficientes de fuerza indicados toman en cuenta las reducciones de la carga de viento bajo condiciones de flujo supercrítico y, por lo tanto, no se aplican a los accesorios unidos a la estructura. En la Tabla 3 se indican los coeficientes de fuerza para los accesorios.					
3. Cualquiera sea la geometría de la sección transversal, no es necesario que C_F sea mayor que 1.2 para ningún valor de C.					
4. V es la velocidad básica del viento para la condición de carga investigada.					

Tabla A.2: Factores de dirección del viento

Factores de dirección del viento					
Sección transversal de la torre	Cuadrada			Triangular	
	Dirección del viento	Normal	$\pm 45^{**}$	Normal	60^{**} $\pm 90^{**}$
D_F	1.0	$1 + 0.75e$ (1.2 máx.)		1.0	0.80 0.85
D_R	1.0	$1 + 0.75e$ (1.2 máx.)		1.0	1.0 1.0

*Medidos a partir de una línea normal a la cara de la estructura.

Tabla A.3: Coeficiente de fuerza para accesorios

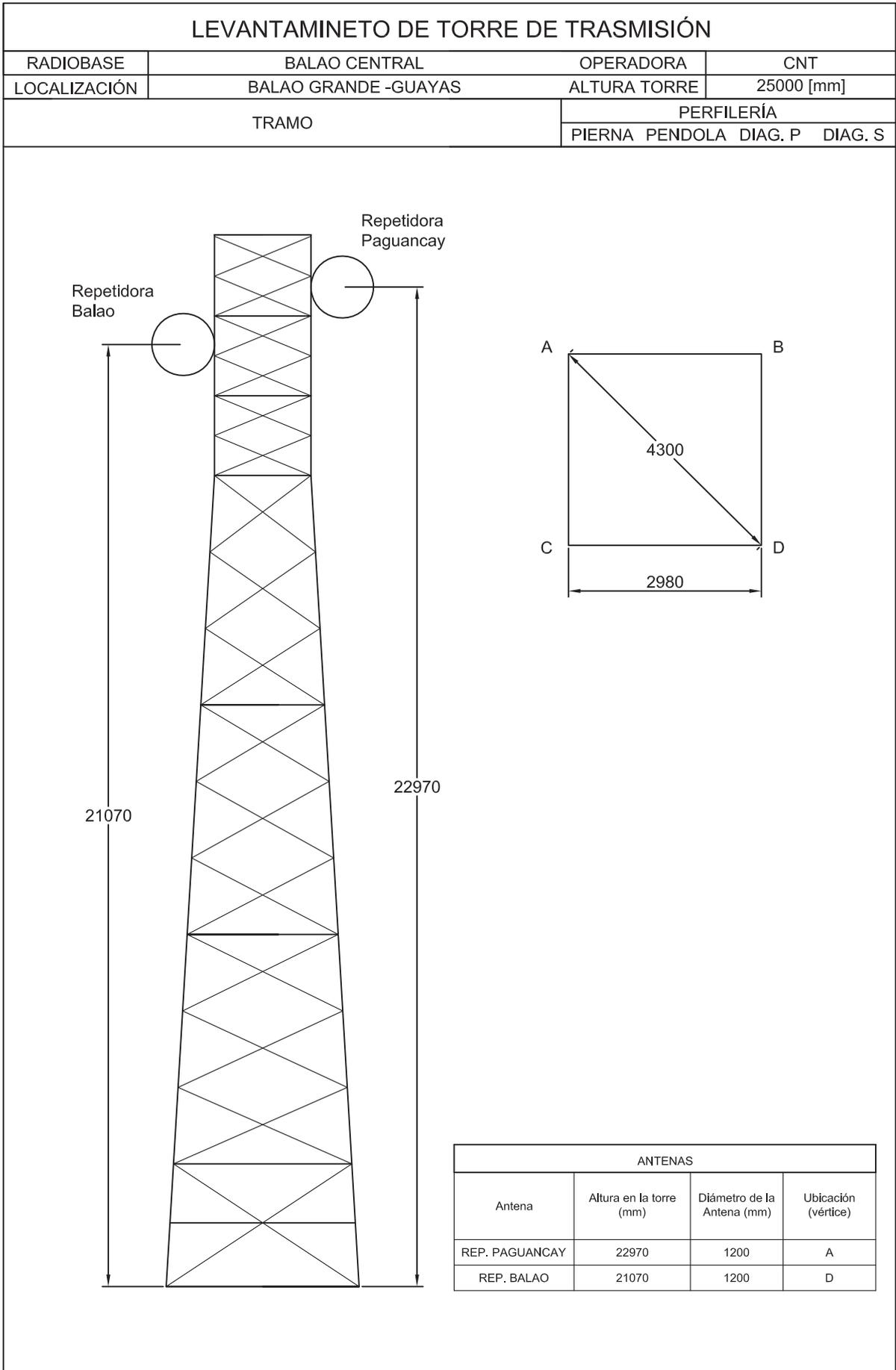
Coeficientes de fuerza para accesorios		
Tipo de miembro	Relación de aspecto ≤ 7	Relación de aspecto ≥ 25
	C_A	C_A
Plano	1.4	2.0
Cilíndrico	0.8	1.2

Relación de aspecto = Relación longitud total/anchura en un plano normal a la dirección del viento. (La relación de aspecto no es función de la separación entre puntos de apoyo de los accesorios lineales, ni tampoco se considera que la longitud de la sección tiene una fuerza uniformemente distribuida.)

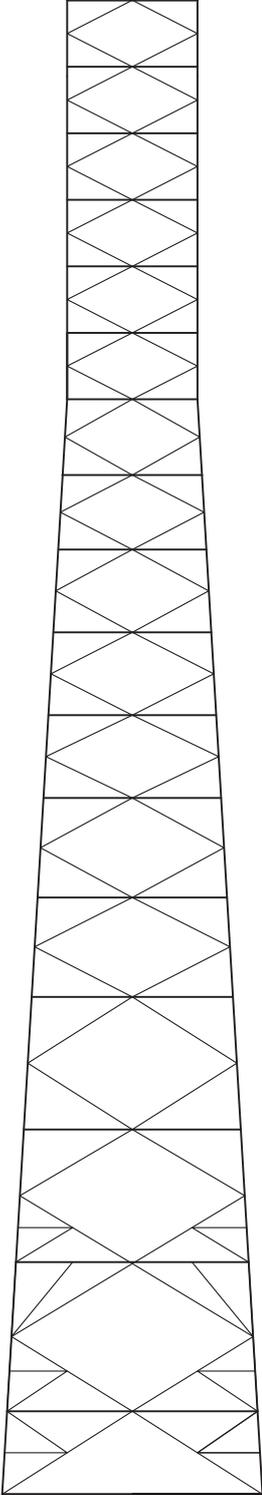
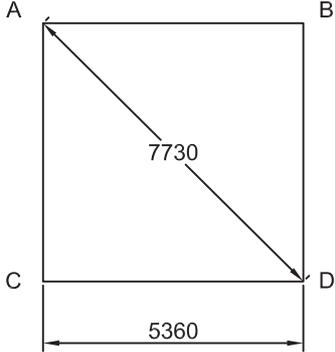
Nota: Para otras relaciones de aspecto se puede interpolar linealmente.

ANEXO E
INVENTARIO

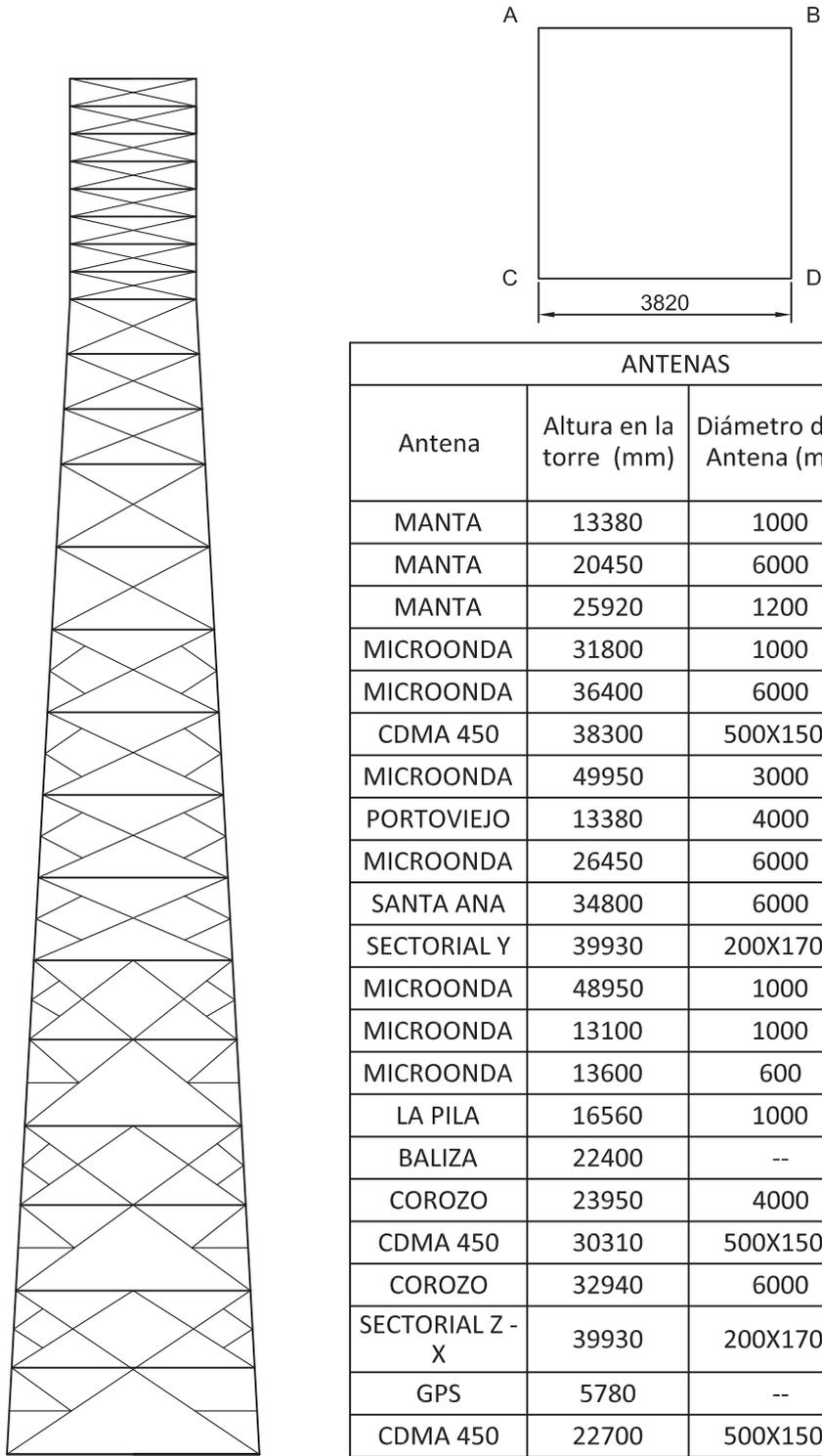
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	BALAO CENTRAL	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	BALAO GRANDE -GUAYAS	ALTURA TORRE	25000 [mm]		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		ANGULO 100X100 mm e=10 mm	ANGULO 80X80 mm e=4.2 mm	ANGULO 50X50 mm e=6.8 mm	
		ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 80X80 mm e= 4.2 mm	ANGULO 50X50 mm e=6.8 mm	
		ANGULO 100X100 mm e=8.72 mm	ANGULO 80X80 mm e=4.2mm	ANGULO 50X50 mm e=6.8 mm	
		ANGULO 100X100 mm e=8.72 mm	ANGULO 80X80 mm e=8.73 mm	ANGULO 80X80 mm e=8.8 mm	
		ANGULO 100X100 mm e=12 mm	ANGULO 80X80 mm e=9 mm	ANGULO 80X80 mm e=8.8 mm	
		ANGULO 100X100 mm e=12 mm	ANGULO 80X80 mm e=9mm	80X80 mm e=8.8 mm	
		ANGULO 100X100 mm e=13 mm	ANGULO 80X80 mm e=9 mm	ANGULO 80X80 mm e=9.3 mm	
		ANGULO 100X100 mm e=13 mm	ANGULO 80X80 mm e=9 mm	ANGULO 80X80 mm e=9.3 mm	
		ANGULO 100X100 mm e=13 mm	ANGULO 80X80 mm e=9 mm	ANGULO 80X80 mm e=9.3 mm	
		ANGULO 100X100 mm e=13 mm	ANGULO 80X80 mm e=9 mm	ANGULO 80X80 mm e=9.3 mm	



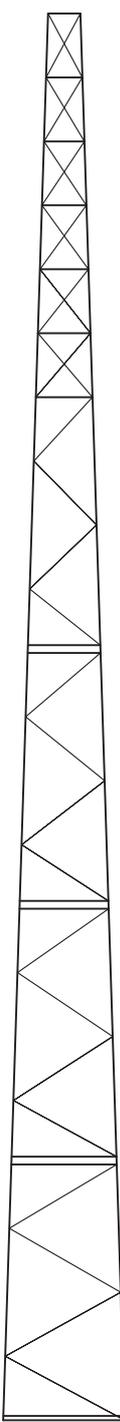
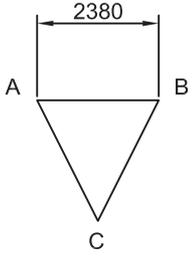
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN						
RADIOBASE	EMPALME		OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	EMPALME-GUAYAS		ALTURA TORRE	45000 [mm]		
TRAMO			PERFILERÍA			
			PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
	1360					
	2000		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
	2000		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
4000	2000		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
	2000		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
4000	2000		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
	2000		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
4000	2000		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
	2000		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
4000	2000		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
	2500		ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	
5000	2500		ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	
	2500		ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	
5500	2500		ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	
	3000		ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	
3000	3000		ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	
	4000		ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 100x100 mm e= 8 mm	ANGULO 100x100 mm e= 7 mm	
4000	4000		ANGULO 100X100 mm e= 7 mm	ANGULO 100x100 mm e= 8 mm	ANGULO 100x100 mm e= 7 mm	ANGULO 50x50 mm e= 4 mm
	4500		ANGULO 100X100 mm e= 7 mm	ANGULO 100x100 mm e= 8 mm	ANGULO 100x100 mm e= 7 mm	ANGULO 50x50 mm e= 4 mm
2500	2500		ANGULO 100X100 mm e= 7 mm	ANGULO 100x100 mm e= 8 mm	ANGULO 100x100 mm e= 7 mm	ANGULO 50x50 mm e= 4 mm
	5360					

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRANSMISIÓN																																																	
RADIOBASE	EMPALME	OPERADORA	CNT																																														
LOCALIZACIÓN	EMPALME-GUAYAS	ALTURA TORRE	45000 [mm]																																														
TRAMO		PERFILERÍA																																															
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																																														
																																																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OMNI</td> <td>19550</td> <td>1000</td> <td>A - C</td> </tr> <tr> <td>OMNI</td> <td>23800</td> <td>1000</td> <td>A - C</td> </tr> <tr> <td>OMNI</td> <td>23900</td> <td>1000</td> <td>A - C</td> </tr> <tr> <td>OMNI</td> <td>25650</td> <td>1000</td> <td>A - C</td> </tr> <tr> <td>OMNI</td> <td>29550</td> <td>1000</td> <td>A - C</td> </tr> <tr> <td>OMNI</td> <td>30820</td> <td>1000</td> <td>A - C</td> </tr> <tr> <td>OMNI</td> <td>33550</td> <td>1000</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>AZUCENA</td> <td>44000</td> <td>1600</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>CDMA 450</td> <td>44600</td> <td>500X2000</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>FLAT PANEL</td> <td>38700</td> <td>500 X 500</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table>		ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	OMNI	19550	1000	A - C	OMNI	23800	1000	A - C	OMNI	23900	1000	A - C	OMNI	25650	1000	A - C	OMNI	29550	1000	A - C	OMNI	30820	1000	A - C	OMNI	33550	1000	B	AZUCENA	44000	1600	B	CDMA 450	44600	500X2000	A	FLAT PANEL	38700
ANTENAS																																																	
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																														
OMNI	19550	1000	A - C																																														
OMNI	23800	1000	A - C																																														
OMNI	23900	1000	A - C																																														
OMNI	25650	1000	A - C																																														
OMNI	29550	1000	A - C																																														
OMNI	30820	1000	A - C																																														
OMNI	33550	1000	B																																														
AZUCENA	44000	1600	B																																														
CDMA 450	44600	500X2000	A																																														
FLAT PANEL	38700	500 X 500	C																																														

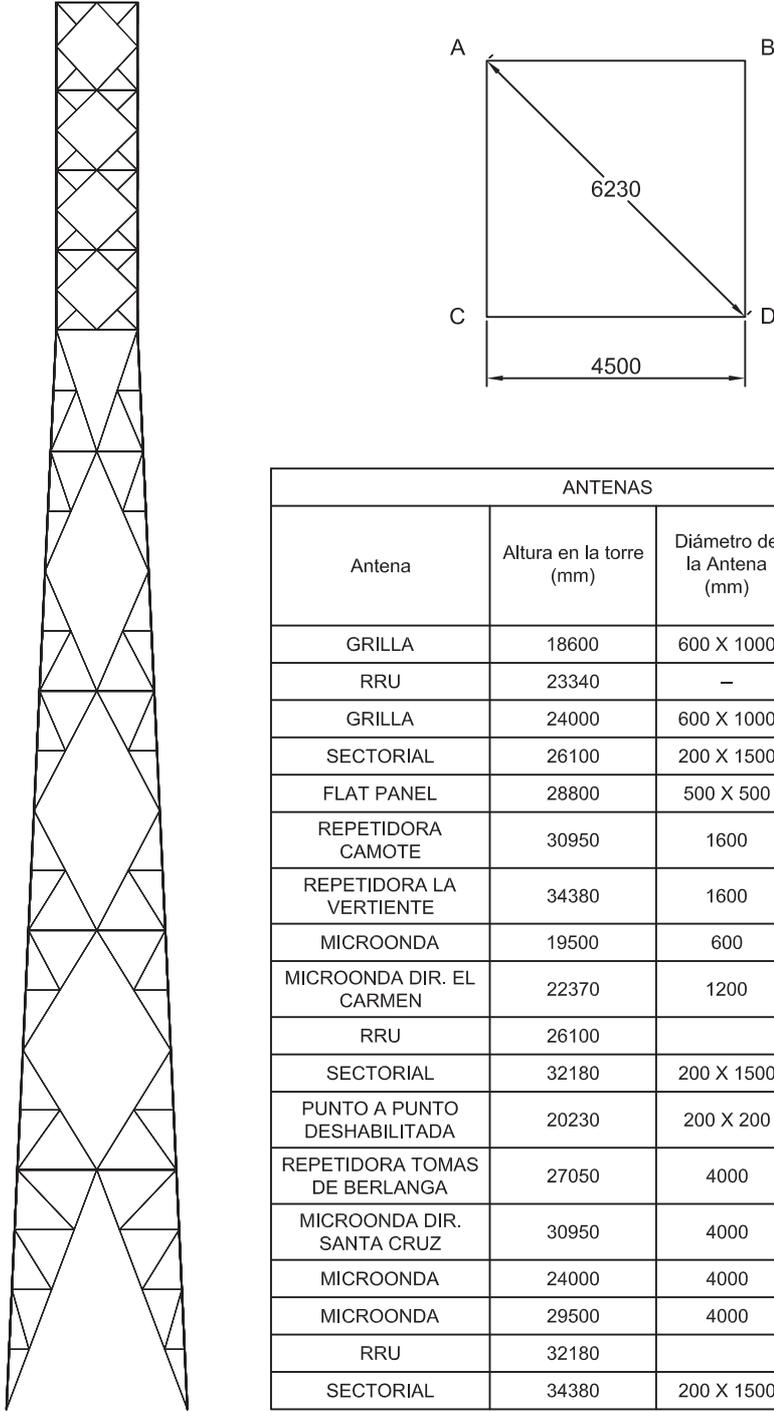
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	CERRO DE HOJAS	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	MANABÍ	ALTURA TORRE	50000 [mm]		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm	
		ANGULO 80X80 mm e= 9 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	
		ANGULO 100X100 mm e= 11 mm	ANGULO 80X80 mm e= 9 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm
		ANGULO 135X135 mm e= 12 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm
		ANGULO 135X135 mm e= 12 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm
		ANGULO 150X150 mm e= 13.3 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN			
RADIOBASE	CERRO DE HOJAS	OPERADORA	CNT
LOCALIZACIÓN	MANABÍ	ALTURA TORRE	50000 [mm]
TRAMO		PERFILERÍA	
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S
			
ANTENAS			
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)
MANTA	13380	1000	A
MANTA	20450	6000	A
MANTA	25920	1200	A
MICROONDA	31800	1000	A
MICROONDA	36400	6000	A
CDMA 450	38300	500X1500	A
MICROONDA	49950	3000	A - C
PORTOVIEJO	13380	4000	B
MICROONDA	26450	6000	B
SANTA ANA	34800	6000	B
SECTORIAL Y	39930	200X1700	B
MICROONDA	48950	1000	B
MICROONDA	13100	1000	C
MICROONDA	13600	600	C
LA PILA	16560	1000	C
BALIZA	22400	--	C
COROZO	23950	4000	C
CDMA 450	30310	500X1500	C
COROZO	32940	6000	C
SECTORIAL Z - X	39930	200X1700	C - D
GPS	5780	--	D
CDMA 450	22700	500X1500	D

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	CERRO EL CARMEN	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	GUAYAQUIL	ALTURA TORRE	33000		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
4500		TUB. REDONDO 70mm Ø e= 5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm	
4500		TUB. REDONDO 70mm Ø e= 5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm	
6000		TUB. REDONDO 80mm Ø e= 6 mm	TUB. REDONDO 36mm Ø e= 3 mm	TUB. REDONDO 38mm Ø e= 3 mm	
6000		TUB. REDONDO 80mm Ø e= 6 mm	TUB. REDONDO 36mm Ø e= 3 mm	TUB. REDONDO 38mm Ø e= 3 mm	
6000		TUB. REDONDO 100mm Ø e= 8 mm	TUB. REDONDO 50 mm Ø e= 4,8 mm	TUB. REDONDO 50 mm Ø e= 4,8 mm	
6000		TUB. REDONDO 100 mm Ø e= 8 mm	TUB. REDONDO 36mm Ø e= 4,8 mm	TUB. REDONDO 38mm Ø e= 4,8 mm	
6000		TUB. REDONDO 100 mm Ø e= 8 mm	TUB. REDONDO 36mm Ø e= 4,8 mm	TUB. REDONDO 38mm Ø e= 4,8 mm	
2380					

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																																																																																																																													
RADIOBASE	CERRO EL CARMEN	OPERADORA	CNT																																																																																																																										
LOCALIZACIÓN	GUAYAQUIL	ALTURA TORRE	3300																																																																																																																										
TRAMO		PERFILERÍA																																																																																																																											
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																																																																																																																										
																																																																																																																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>OMNI</td><td>4400</td><td>5000</td><td>A</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>5900</td><td>300</td><td>A</td></tr> <tr><td>OMNI</td><td>6950</td><td>-</td><td>A</td></tr> <tr><td>OMNI</td><td>10820</td><td>5000</td><td>A</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>12320</td><td>-</td><td>A</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>13970</td><td>-</td><td>A</td></tr> <tr><td>OMNI</td><td>22000</td><td>-</td><td>A</td></tr> <tr><td>OMNI</td><td>24900</td><td>5000</td><td>A - B - C</td></tr> <tr><td>OMNI</td><td>27000</td><td>5000</td><td>A</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>6500</td><td>300</td><td>B</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>8100</td><td>300</td><td>B</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>8500</td><td>300</td><td>B</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>9100</td><td>-</td><td>B</td></tr> <tr><td>DIRECTIVO</td><td>15120</td><td>2000</td><td>B</td></tr> <tr><td>DIRECTIVO</td><td>18500</td><td>-</td><td>B</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>19120</td><td>-</td><td>B</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>20400</td><td>-</td><td>B</td></tr> <tr><td>DIRECTIVO</td><td>21100</td><td>1600</td><td>B</td></tr> <tr><td>DIRECTIVO</td><td>22400</td><td>300</td><td>B</td></tr> <tr><td>EL CORREO</td><td>30000</td><td>300</td><td>B</td></tr> <tr><td>OMNI</td><td>31500</td><td>300</td><td>B</td></tr> <tr><td>MONTALVO</td><td>7100</td><td>-</td><td>C</td></tr> <tr><td>OMNI</td><td>10820</td><td>5000</td><td>C</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>12320</td><td>-</td><td>C</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>13970</td><td>-</td><td>C</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>14110</td><td>-</td><td>C</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>15960</td><td>-</td><td>C</td></tr> <tr><td>YAGUI</td><td>20000</td><td>300</td><td>C</td></tr> <tr><td>DIRECTIVO</td><td>22400</td><td>300</td><td>C</td></tr> </tbody> </table>		ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	OMNI	4400	5000	A	YAGUI	5900	300	A	OMNI	6950	-	A	OMNI	10820	5000	A	YAGUI	12320	-	A	YAGUI	13970	-	A	OMNI	22000	-	A	OMNI	24900	5000	A - B - C	OMNI	27000	5000	A	YAGUI	6500	300	B	YAGUI	8100	300	B	YAGUI	8500	300	B	YAGUI	9100	-	B	DIRECTIVO	15120	2000	B	DIRECTIVO	18500	-	B	YAGUI	19120	-	B	YAGUI	20400	-	B	DIRECTIVO	21100	1600	B	DIRECTIVO	22400	300	B	EL CORREO	30000	300	B	OMNI	31500	300	B	MONTALVO	7100	-	C	OMNI	10820	5000	C	YAGUI	12320	-	C	YAGUI	13970	-	C	YAGUI	14110	-	C	YAGUI	15960	-	C	YAGUI	20000	300	C	DIRECTIVO	22400
ANTENAS																																																																																																																													
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																																																																																																										
OMNI	4400	5000	A																																																																																																																										
YAGUI	5900	300	A																																																																																																																										
OMNI	6950	-	A																																																																																																																										
OMNI	10820	5000	A																																																																																																																										
YAGUI	12320	-	A																																																																																																																										
YAGUI	13970	-	A																																																																																																																										
OMNI	22000	-	A																																																																																																																										
OMNI	24900	5000	A - B - C																																																																																																																										
OMNI	27000	5000	A																																																																																																																										
YAGUI	6500	300	B																																																																																																																										
YAGUI	8100	300	B																																																																																																																										
YAGUI	8500	300	B																																																																																																																										
YAGUI	9100	-	B																																																																																																																										
DIRECTIVO	15120	2000	B																																																																																																																										
DIRECTIVO	18500	-	B																																																																																																																										
YAGUI	19120	-	B																																																																																																																										
YAGUI	20400	-	B																																																																																																																										
DIRECTIVO	21100	1600	B																																																																																																																										
DIRECTIVO	22400	300	B																																																																																																																										
EL CORREO	30000	300	B																																																																																																																										
OMNI	31500	300	B																																																																																																																										
MONTALVO	7100	-	C																																																																																																																										
OMNI	10820	5000	C																																																																																																																										
YAGUI	12320	-	C																																																																																																																										
YAGUI	13970	-	C																																																																																																																										
YAGUI	14110	-	C																																																																																																																										
YAGUI	15960	-	C																																																																																																																										
YAGUI	20000	300	C																																																																																																																										
DIRECTIVO	22400	300	C																																																																																																																										

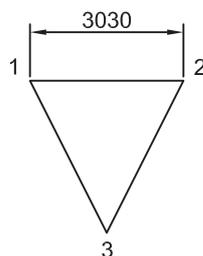
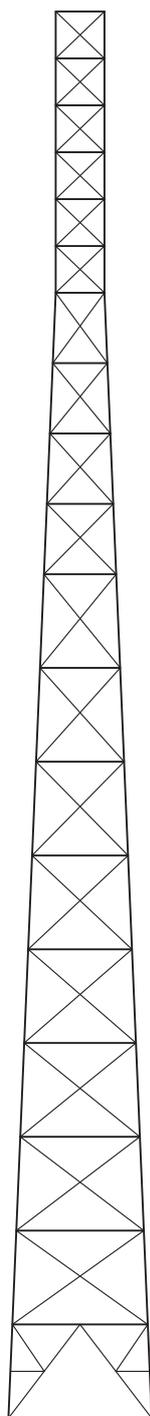
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	REPETIDORA PUERTO AYORA	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	PUERTO AYORA-SANTACRUZ-GALAPAGOS	ALTURA TORRE	35250		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 60X60 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 60X60 mm e= 8.5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 60X60 mm e= 8.5 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6.7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm
		ANGULO 80X80 mm e= 11 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6.7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm
		ANGULO 80X80 mm e= 11 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6.9 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm
		ANGULO 80X80 mm e= 11 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6.9 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm
		ANGULO 100X100 mm e= 13 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 100X100 mm e= 13 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN			
RADIOBASE	REPETIDORA PUERTO AYORA	OPERADORA	CNT
LOCALIZACIÓN	PUERTO AYORA-SANTACRUZ-GALAPAGOS	ALTURA TORRE	35250
TRAMO		PERFILERÍA	
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S
			
ANTENAS			
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)
GRILLA	18600	600 X 1000	A
RRU	23340	—	A
GRILLA	24000	600 X 1000	A
SECTORIAL	26100	200 X 1500	A
FLAT PANEL	28800	500 X 500	A
REPETIDORA CAMOTE	30950	1600	A
REPETIDORA LA VERTIENTE	34380	1600	A
MICROONDA	19500	600	B
MICROONDA DIR. EL CARMEN	22370	1200	B
RRU	26100		B
SECTORIAL	32180	200 X 1500	B
PUNTO A PUNTO DESHABILITADA	20230	200 X 200	C
REPETIDORA TOMAS DE BERLANGA	27050	4000	C
MICROONDA DIR. SANTA CRUZ	30950	4000	C
MICROONDA	24000	4000	D
MICROONDA	29500	4000	D
RRU	32180		D
SECTORIAL	34380	200 X 1500	D

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	LA TOLA	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	LA TOLA	ALTURA TORRE	30000		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		UV 85X85X50 mm e= 6 mm	ANGULO 40X40 mm e= 5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 5 mm	
		UV 100X100X50 mm e= 6 mm	ANGULO 40X40 mm e= 5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 5 mm	
		UV 100X100X50 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
		UV 120X120X50 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	
		UV 120X120X50 mm e= 8 mm	ANGULO 75X75 mm e= 6 mm	ANGULO 75X75 mm e= 6 mm	

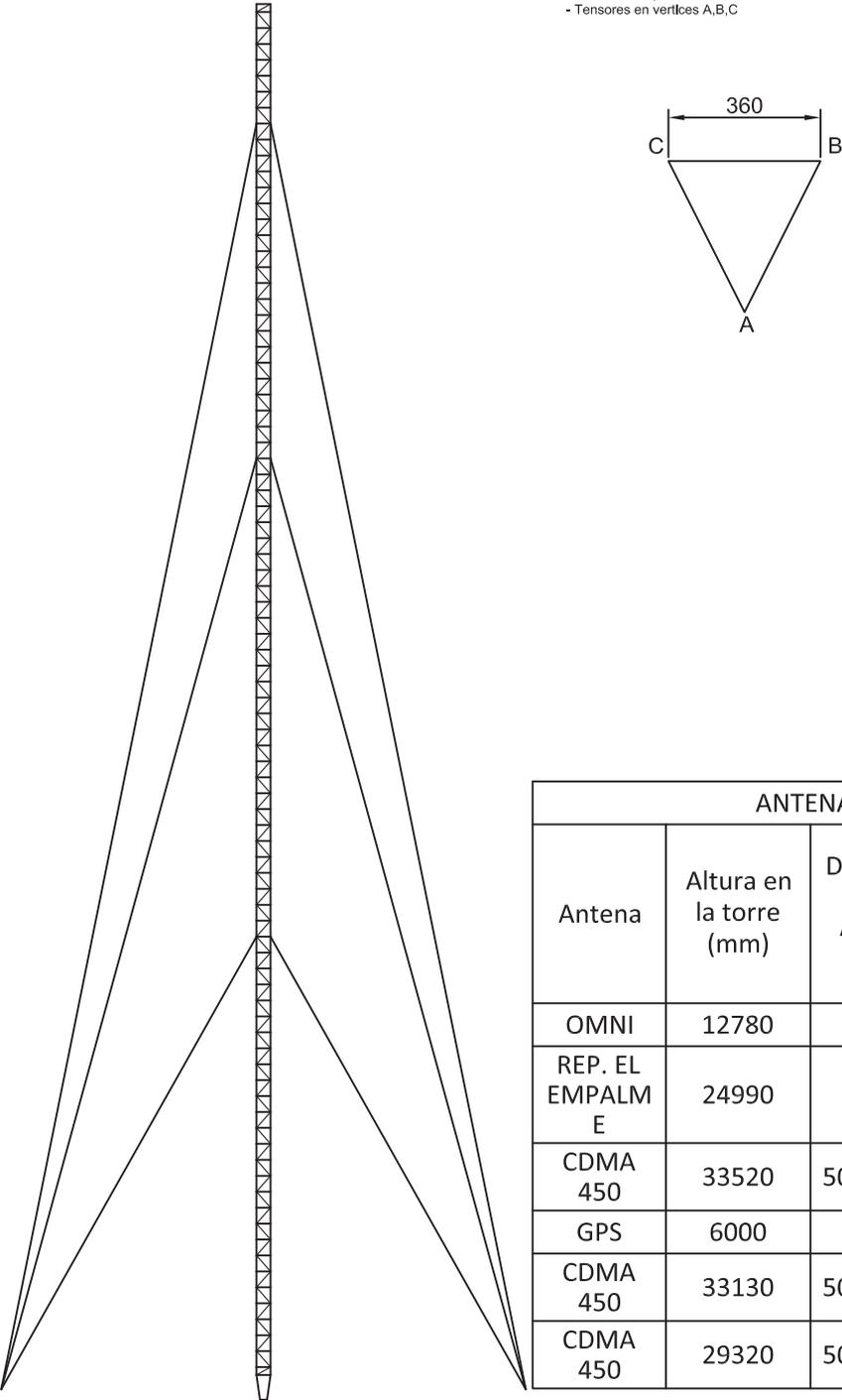
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN

RADIOBASE	LA TOLA	OPERADORA	CNT
LOCALIZACIÓN	LA TOLA	ALTURA TORRE	30000
TRAMO		PERFILERÍA	
		PIERNA	PENDOLA
		DIAG. P	DIAG. S

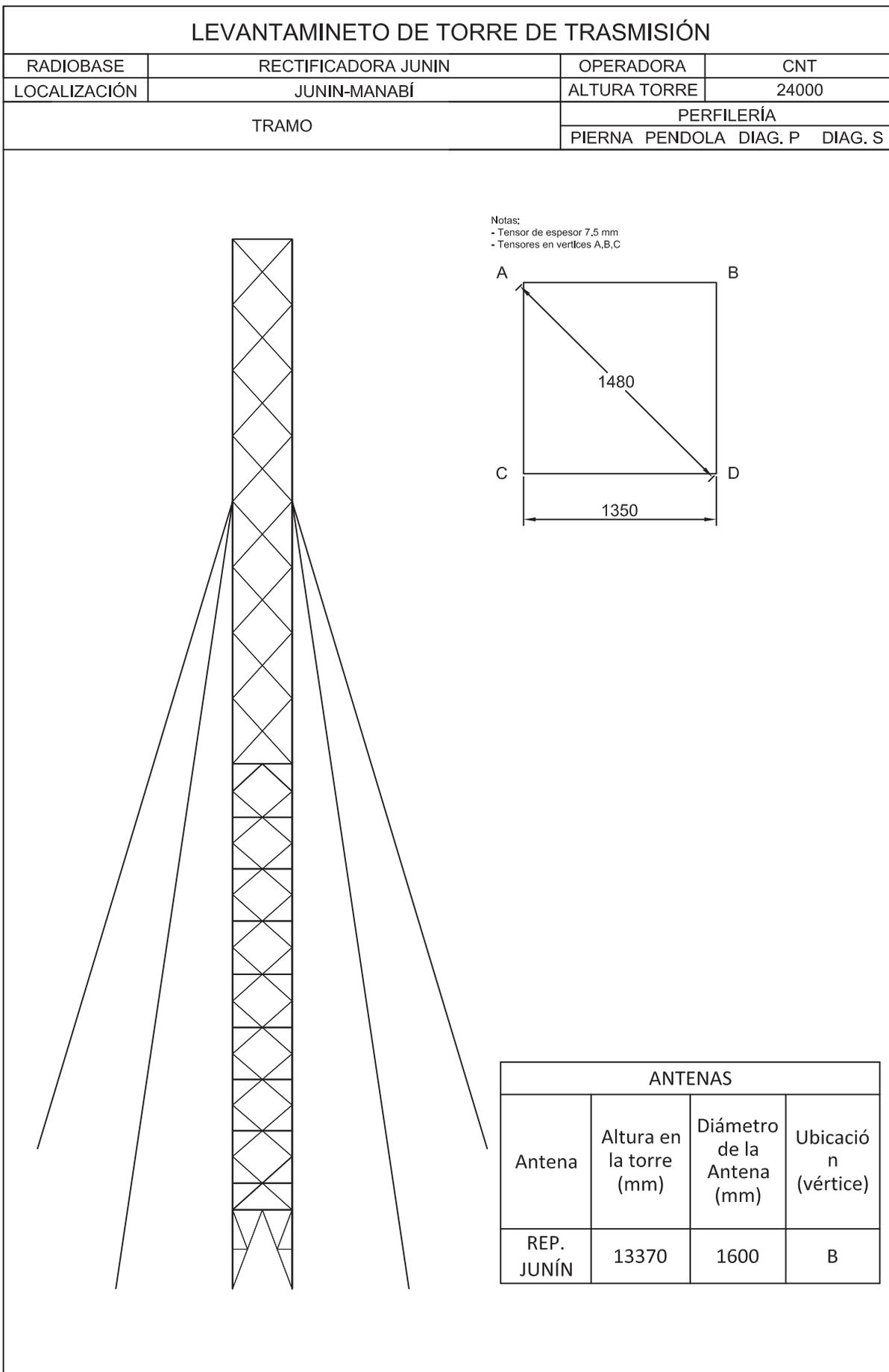


ANTENAS			
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)
MW	27200	3000X1000	1
MW	25000	1200X500	1
MW	16500	3000X1000	1

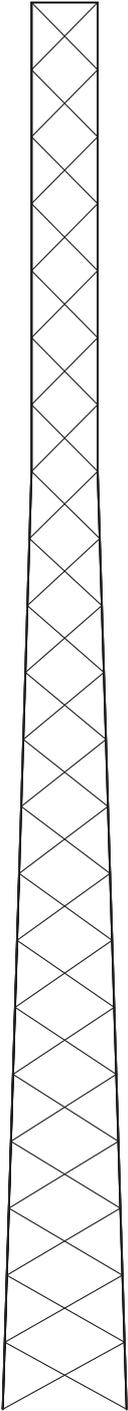
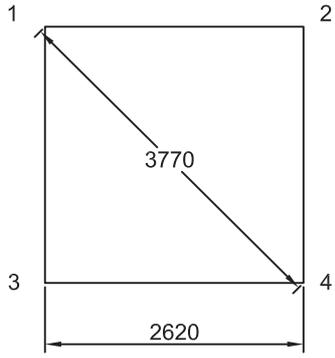
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	AZUCENA	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	AZUCENA-MANABÍ	ALTURA TORRE	35000		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		UV 40X40X40mm e= 3 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 3 mm	ANGULO 40X40 mm e= 2 mm
		UV 40X40X40mm e= 4 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 40X40 mm e= 2 mm	
		UV 40X40X40mm e= 4 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 3 mm	
		UV 40X40X40mm e= 4 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 40X40 mm e= 2 mm	
		UV 40X40X40mm e= 5 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 40X40 mm e= 2 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm
		UV 40X40X40mm e= 5 mm	ANGULO 25X25 mm e= 4 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm	
		UV 40X40X40mm e= 5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 5 mm	

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																																			
RADIOBASE	AZUCENA	OPERADORA	CNT																																
LOCALIZACIÓN	AZUCENA-MANABÍ	ALTURA TORRE	35000																																
TRAMO		PERFILERÍA																																	
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																																
<p>Notas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensor de espesor 6 mm - Tensores en vértices A,B,C 																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OMNI</td> <td>12780</td> <td>1000</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>REP. EL EMPALME</td> <td>24990</td> <td>1600</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>CDMA 450</td> <td>33520</td> <td>500X2000</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>GPS</td> <td>6000</td> <td>--</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>CDMA 450</td> <td>33130</td> <td>500X2000</td> <td>B – C</td> </tr> <tr> <td>CDMA 450</td> <td>29320</td> <td>500X2000</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	OMNI	12780	1000	A	REP. EL EMPALME	24990	1600	A	CDMA 450	33520	500X2000	A	GPS	6000	--	B	CDMA 450	33130	500X2000	B – C	CDMA 450	29320	500X2000	C
ANTENAS																																			
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																
OMNI	12780	1000	A																																
REP. EL EMPALME	24990	1600	A																																
CDMA 450	33520	500X2000	A																																
GPS	6000	--	B																																
CDMA 450	33130	500X2000	B – C																																
CDMA 450	29320	500X2000	C																																

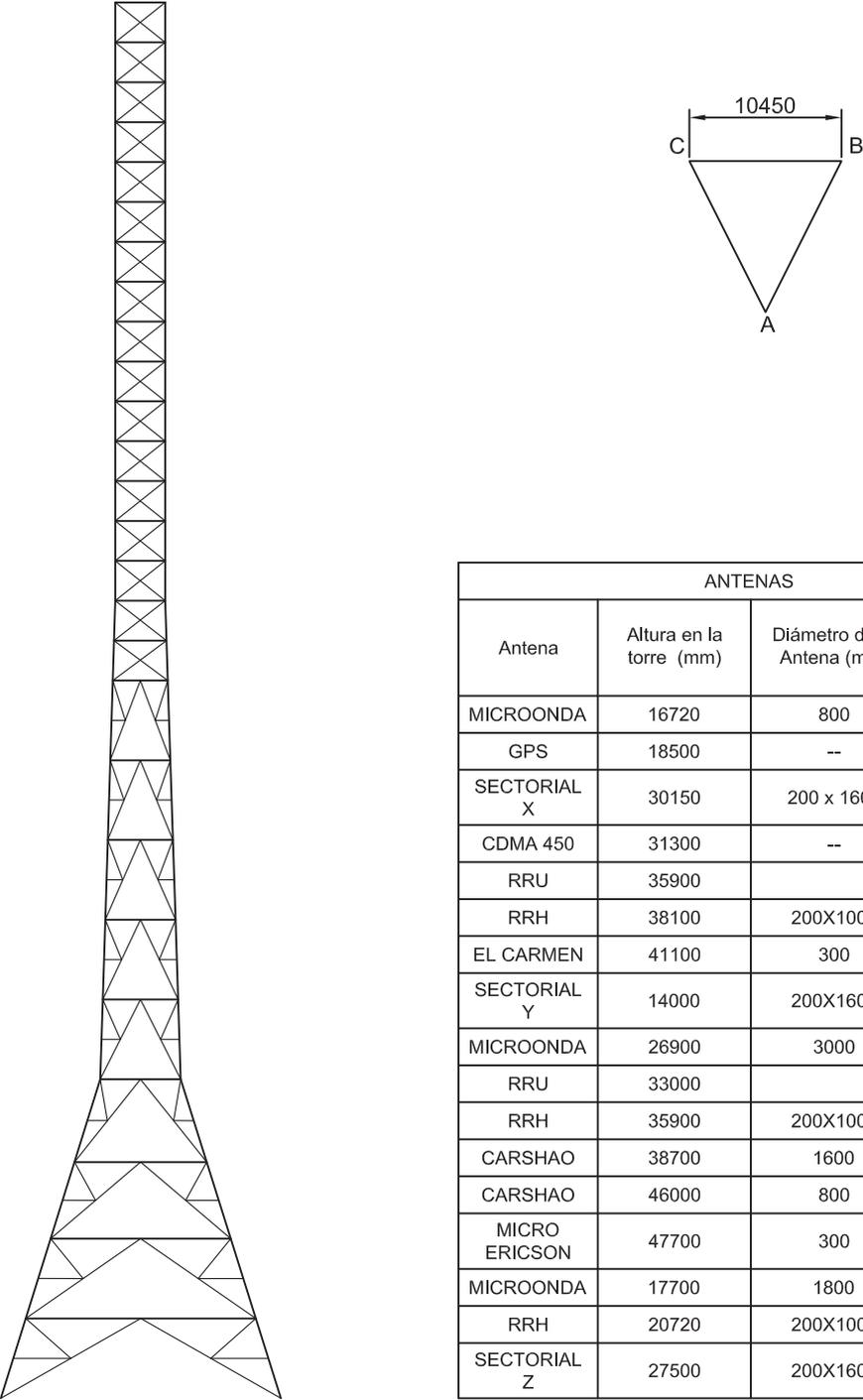
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN							
RADIOBASE	REPETIDORA JUNIN		OPERADORA	CNT			
LOCALIZACIÓN	JUNIN-MANABÍ		ALTURA TORRE	24000			
TRAMO			PERFILERÍA				
			PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S	
			ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 35X35 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm		
			ANGULO 65X65 mm e= 8 mm	PERFIL C 50X50X100 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm		
			ANGULO 65X65 mm e= 8 mm	ANGULO 35X35 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm		
			ANGULO 65X65 mm e= 8 mm	PERFIL C 50X50X100 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm		
			ANGULO 70X70 mm e= 8 mm	ANGULO 35X35 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm		
			ANGULO 100X100mm e= 11 mm	PERFILC 50X50X100 mm e= 5 mm ANGULO 35X35 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm		



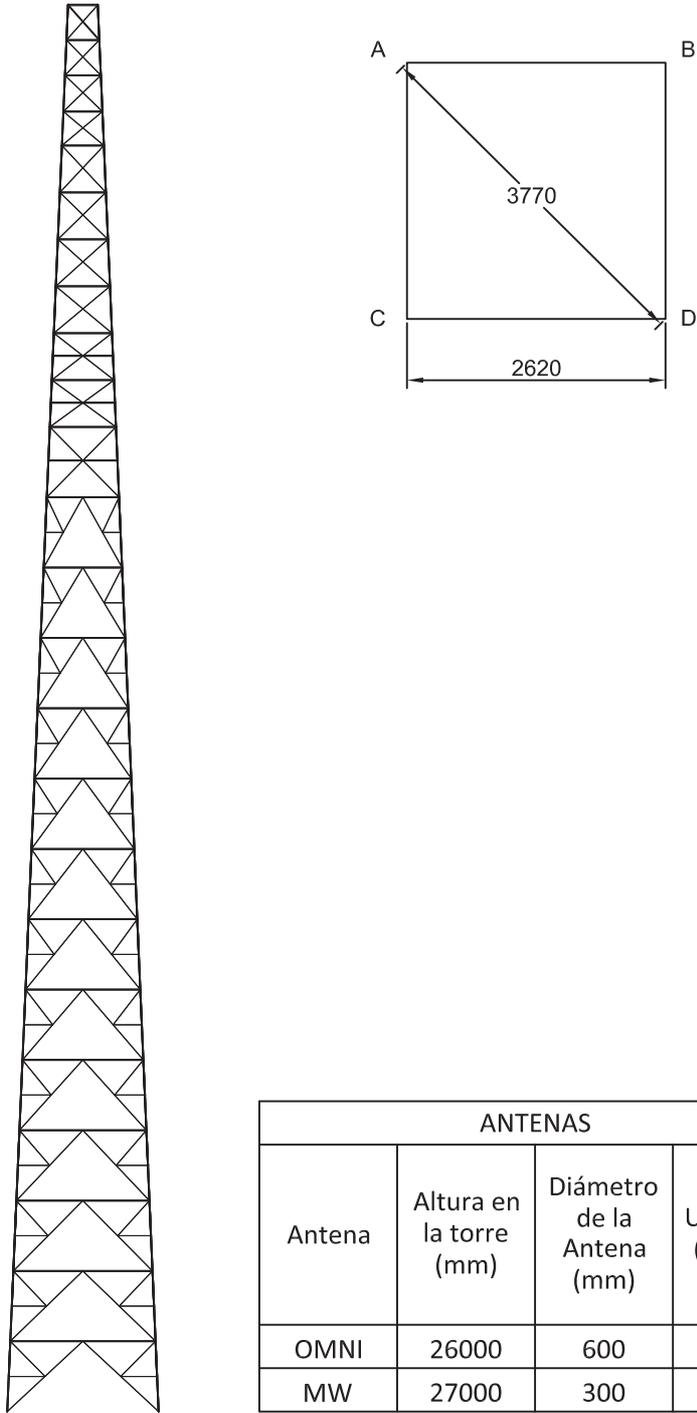
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN						
RADIOBASE	ARENILLA		OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	ARENILLAS- EL ORO		ALTURA TORRE	30000		
TRAMO			PERFILERÍA			
			PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
5000	1400		ANGULO 90X90 mm e= 10 mm		TUB. REDONDO 52 mm Ø e= 5 mm	
5000		10000	ANGULO 90X90 mm e= 10 mm		TUB. REDONDO 52 mm Ø e= 5 mm	
5000			ANGULO 90X90 mm e= 10 mm		TUB. REDONDO 52 mm Ø e= 5 mm	
5000		30000	ANGULO 90X90 mm e= 10 mm		TUB. REDONDO 52 mm Ø e= 5 mm	
5000		20000	ANGULO 115X115 mm e= 14 mm		TUB. REDONDO 82 mm Ø e= 10 mm	
5000			ANGULO 115X115 mm e= 14 mm		TUB. REDONDO 82 mm Ø e= 10 mm	
	2620					

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN			
RADIOBASE	ARENILLA	OPERADORA	CNT
LOCALIZACIÓN	ARENILLAS- EL ORO	ALTURA TORRE	30000
TRAMO		PERFILERÍA	
		PIERNA	PENDOLA
		DIAG. P	DIAG. S
			
ANTENAS			
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)
SECTORIAL	45000	2000X500	1
SECTORIAL	45000	2000X500	2
SECTORIAL	45000	2000X500	4
MW	36000	3000	1
MW	36000	3000	3
MW	25000	3000	1
MW	25000	1000	2
MW	24000	3000	3
MW	19000	500	20

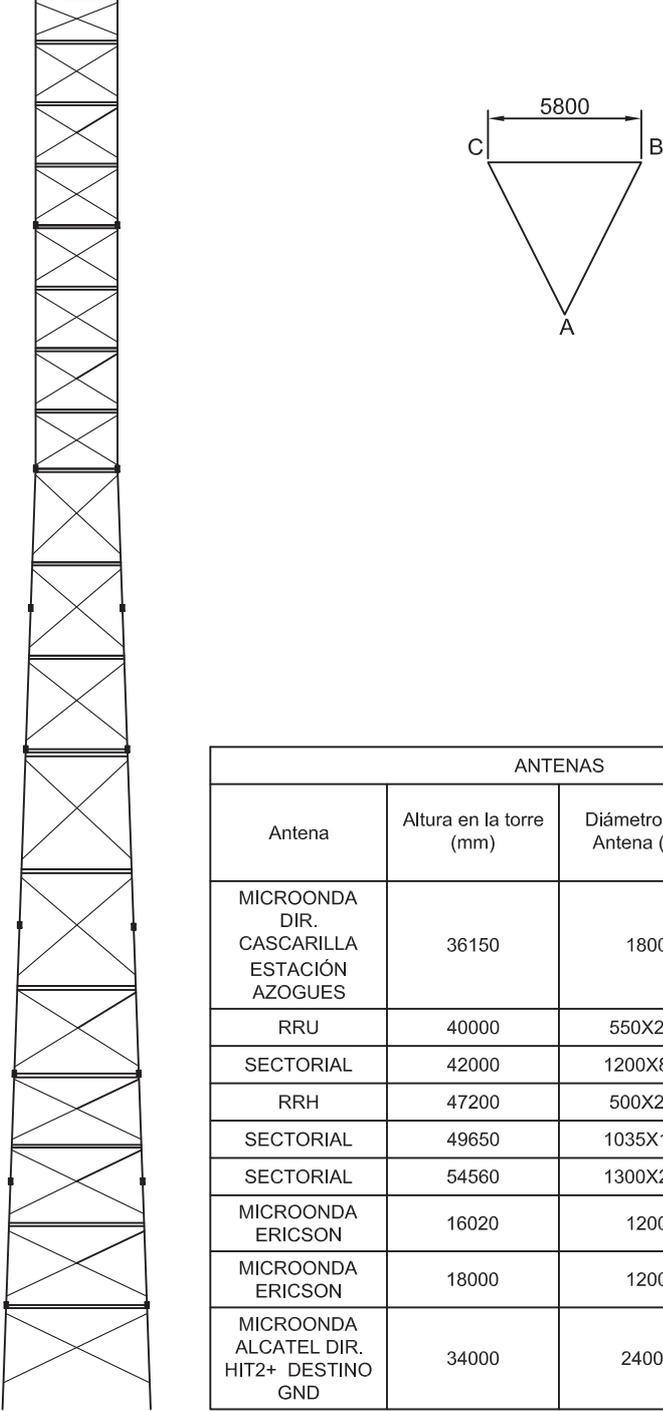
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	REPETIDORA EL CORREO	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	GUAYAQUIL-GUAYAS	ALTURA TORRE	52500		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
		ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO 125X85 mm e= 10 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
		ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 60X60 mm e= 5 mm	ANGULO 75X75 mm e= 6 mm	
		ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 64X64 mm e= 5 mm	ANGULO 75X75 mm e= 6 mm	
		ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 75X75 mm e= 6 mm	ANGULO 85X85 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 90X90 mm e= 7 mm	ANGULO 90X90 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm
		ANGULO 125X125 mm e= 10 mm	ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 90X90 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm
		ANGULO 125X125 mm e= 10 mm	ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm
		ANGULO 125X125 mm e= 10 mm	ANGULO 125X125 mm e= 10 mm	ANGULO 100X100 mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																																																																															
RADIOBASE	REPETIDORA EL CORREO	OPERADORA	CNT																																																																												
LOCALIZACIÓN	GUAYAQUIL-GUAYAS	ALTURA TORRE	52500																																																																												
TRAMO		PERFILERÍA																																																																													
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																																																																												
																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MICROONDA</td> <td>16720</td> <td>800</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>GPS</td> <td>18500</td> <td>--</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL X</td> <td>30150</td> <td>200 x 1600</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>CDMA 450</td> <td>31300</td> <td>--</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>RRU</td> <td>35900</td> <td></td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>RRH</td> <td>38100</td> <td>200X1000</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>EL CARMEN</td> <td>41100</td> <td>300</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL Y</td> <td>14000</td> <td>200X1600</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>MICROONDA</td> <td>26900</td> <td>3000</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>RRU</td> <td>33000</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>RRH</td> <td>35900</td> <td>200X1000</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>CARSHAO</td> <td>38700</td> <td>1600</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>CARSHAO</td> <td>46000</td> <td>800</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>MICRO ERICSON</td> <td>47700</td> <td>300</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>MICROONDA</td> <td>17700</td> <td>1800</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>RRH</td> <td>20720</td> <td>200X1000</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL Z</td> <td>27500</td> <td>200X1600</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	MICROONDA	16720	800	A	GPS	18500	--	A	SECTORIAL X	30150	200 x 1600	A	CDMA 450	31300	--	A	RRU	35900		A	RRH	38100	200X1000	A	EL CARMEN	41100	300	A	SECTORIAL Y	14000	200X1600	B	MICROONDA	26900	3000	B	RRU	33000		B	RRH	35900	200X1000	B	CARSHAO	38700	1600	B	CARSHAO	46000	800	B	MICRO ERICSON	47700	300	B	MICROONDA	17700	1800	C	RRH	20720	200X1000	C	SECTORIAL Z	27500	200X1600	C
ANTENAS																																																																															
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																																																												
MICROONDA	16720	800	A																																																																												
GPS	18500	--	A																																																																												
SECTORIAL X	30150	200 x 1600	A																																																																												
CDMA 450	31300	--	A																																																																												
RRU	35900		A																																																																												
RRH	38100	200X1000	A																																																																												
EL CARMEN	41100	300	A																																																																												
SECTORIAL Y	14000	200X1600	B																																																																												
MICROONDA	26900	3000	B																																																																												
RRU	33000		B																																																																												
RRH	35900	200X1000	B																																																																												
CARSHAO	38700	1600	B																																																																												
CARSHAO	46000	800	B																																																																												
MICRO ERICSON	47700	300	B																																																																												
MICROONDA	17700	1800	C																																																																												
RRH	20720	200X1000	C																																																																												
SECTORIAL Z	27500	200X1600	C																																																																												

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	REPETIDORA GUAMOTE	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	XXXXXX	ALTURA TORRE	60000		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
		ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
		ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 70X70 mm e= 6 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	
		ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 70X70 mm e= 6 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 70X70 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 70X70 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 150X150 mm e= 12 mm	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 70X70 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 150X150 mm e= 12 mm	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 70X70 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 150X150 mm e= 12 mm	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 70X70 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
		ANGULO 150X150 mm e= 12 mm	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 70X70 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																			
RADIOBASE	REPETIDORA GUAMOTE	OPERADORA	CNT																
LOCALIZACIÓN	GUAMOTE-CHIMBORAZO	ALTURA TORRE	60000																
TRAMO		PERFILERÍA																	
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S														
																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OMNI</td> <td>26000</td> <td>600</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>27000</td> <td>300</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	OMNI	26000	600	C	MW	27000	300	C
ANTENAS																			
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																
OMNI	26000	600	C																
MW	27000	300	C																

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN						
RADIOBASE	ESTACIÓN AZOGUEZ		OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	CAÑAR- AZOGUEZ		ALTURA TORRE	55000		
TRAMO			PERFILERÍA			
			PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
			UV 90X90X70mm e= 5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 4,5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4,5 mm	
			UV 90X90X70mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm	
			UV 115X115X70mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm	
			UV 115X115X70mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm	
			UV 115X115X70mm e= 5 mm	ANGULO 65X65 mm e= 6,5 mm	ANGULO 65X65 mm e= 6,5 mm	
			UV 150X150X70mm e= 5 mm	ANGULO 65X65 mm e= 6,5 mm	ANGULO 65X65 mm e= 6,5 mm	
			UV 150X150X70mm e= 5 mm	ANGULO 65X65 mm e= 6,5 mm	ANGULO 65X65 mm e= 6,5 mm	
			UV 150X150X70mm e= 5 mm	ANGULO 65X65 mm e= 6,5 mm	ANGULO 65X65 mm e= 6,5 mm	
			UV 150X150X70mm e= 5 mm	ANGULO 75X75 mm e= 6,5 mm	ANGULO 75X75 mm e= 6,5 mm	

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																																															
RADIOBASE	ESTACIÓN AZOGUEZ	OPERADORA	CNT																																												
LOCALIZACIÓN	CAÑAR- AZOGUEZ	ALTURA TORRE	55000																																												
TRAMO		PERFILERÍA																																													
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																																												
																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MICROONDA DIR. CASCARILLA ESTACIÓN AZOGUES</td> <td>36150</td> <td>1800</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>RRU</td> <td>40000</td> <td>550X240</td> <td>A – B – C</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>42000</td> <td>1200X800</td> <td>A – B – C</td> </tr> <tr> <td>RRH</td> <td>47200</td> <td>500X270</td> <td>A – B – C</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>49650</td> <td>1035X160</td> <td>A – B – C</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>54560</td> <td>1300X200</td> <td>A – B – C</td> </tr> <tr> <td>MICROONDA ERICSON</td> <td>16020</td> <td>1200</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>MICROONDA ERICSON</td> <td>18000</td> <td>1200</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>MICROONDA ALCATEL DIR. HIT2+ DESTINO GND</td> <td>34000</td> <td>24000</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	MICROONDA DIR. CASCARILLA ESTACIÓN AZOGUES	36150	1800	A	RRU	40000	550X240	A – B – C	SECTORIAL	42000	1200X800	A – B – C	RRH	47200	500X270	A – B – C	SECTORIAL	49650	1035X160	A – B – C	SECTORIAL	54560	1300X200	A – B – C	MICROONDA ERICSON	16020	1200	C	MICROONDA ERICSON	18000	1200	C	MICROONDA ALCATEL DIR. HIT2+ DESTINO GND	34000	24000	C
ANTENAS																																															
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																												
MICROONDA DIR. CASCARILLA ESTACIÓN AZOGUES	36150	1800	A																																												
RRU	40000	550X240	A – B – C																																												
SECTORIAL	42000	1200X800	A – B – C																																												
RRH	47200	500X270	A – B – C																																												
SECTORIAL	49650	1035X160	A – B – C																																												
SECTORIAL	54560	1300X200	A – B – C																																												
MICROONDA ERICSON	16020	1200	C																																												
MICROONDA ERICSON	18000	1200	C																																												
MICROONDA ALCATEL DIR. HIT2+ DESTINO GND	34000	24000	C																																												

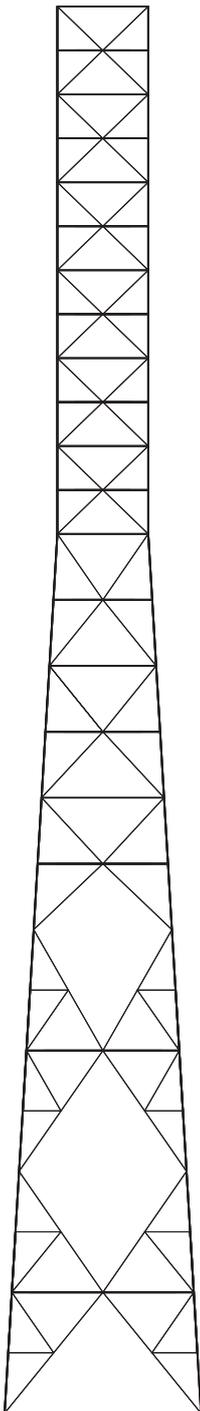
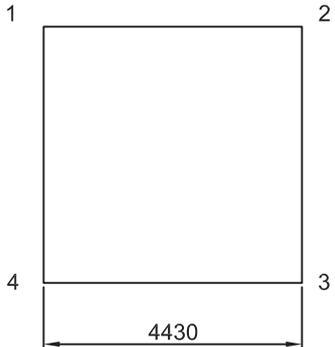
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN									
RADIOBASE	SAN LORENZO		OPERADORA	CNT					
LOCALIZACIÓN	SAN LORENZO		ALTURA TORRE	40000 [mm]					
TRAMO			PERFILERÍA						
			PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S			
		1900							
		1980	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm				
		1980	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm				
		2970	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm				
		1440	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 7 mm				
		2870	ANGULO 75X75 mm e= 7 mm	ANGULO 65X65 mm e= 7 mm	ANGULO 80X80 mm e= 5 mm				
		3170	ANGULO 80X80 mm e= 8 mm	ANGULO 65X65 mm e= 7 mm	ANGULO 80X80 mm e= 5 mm				
		2890	ANGULO 80X80 mm e= 8 mm	ANGULO 65X65 mm e= 7 mm	ANGULO 80X80 mm e= 5 mm				
		3050	ANGULO 100X100 mm e= 9 mm	ANGULO 75X75 mm e= 5 mm	ANGULO 80X80 mm e= 5 mm				
		2980	ANGULO 100X100 mm e= 9 mm	ANGULO 75X75 mm e= 5 mm	ANGULO 80X80 mm e= 5 mm				
		3040	ANGULO 100X100 mm e= 9 mm	ANGULO 75X75 mm e= 5 mm	ANGULO 80X80 mm e= 5 mm				
		4270	ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 65X65 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm				
		4990	ANGULO 100X100 mm e= 11 mm	ANGULO 80X80 mm e= 5 mm	ANGULO 80X80 mm e= 5 mm	ANGULO 75X75 mm e= 5 mm			
		3230	ANGULO 100X100 mm e= 11 mm	ANGULO 80X80 mm e= 5 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	ANGULO 75X75 mm e= 5 mm			
		4690							

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																																																											
RADIOBASE	SAN LORENZO	OPERADORA	CNT																																																								
LOCALIZACIÓN	SAN LORENZO	ALTURA TORRE	40000 [mm]																																																								
TRAMO		PERFILERÍA																																																									
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MW</td> <td>39000</td> <td>1000X300</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>39000</td> <td>3000X500</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>34000</td> <td>3000X1000</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>30300</td> <td>2000X500</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>30300</td> <td>2000X500</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>26400</td> <td>1000X100</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>RRH</td> <td>24700</td> <td>400X400</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>24500</td> <td>1000X100</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>RRH</td> <td>27500</td> <td>300X300</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>26400</td> <td>1000X100</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>26400</td> <td>2000X500</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>RRH</td> <td>24700</td> <td>300X400</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	MW	39000	1000X300	4	MW	39000	3000X500	3	MW	34000	3000X1000	3	SECTORIAL	30300	2000X500	4	SECTORIAL	30300	2000X500	3	SECTORIAL	26400	1000X100	4	RRH	24700	400X400	4	SECTORIAL	24500	1000X100	1	RRH	27500	300X300	1	SECTORIAL	26400	1000X100	2	SECTORIAL	26400	2000X500	1	RRH	24700	300X400	2
ANTENAS																																																											
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																																								
MW	39000	1000X300	4																																																								
MW	39000	3000X500	3																																																								
MW	34000	3000X1000	3																																																								
SECTORIAL	30300	2000X500	4																																																								
SECTORIAL	30300	2000X500	3																																																								
SECTORIAL	26400	1000X100	4																																																								
RRH	24700	400X400	4																																																								
SECTORIAL	24500	1000X100	1																																																								
RRH	27500	300X300	1																																																								
SECTORIAL	26400	1000X100	2																																																								
SECTORIAL	26400	2000X500	1																																																								
RRH	24700	300X400	2																																																								

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN						
RADIOBASE	DON JUAN		OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	ATACAMES		ALTURA TORRE	60000		
TRAMO			PERFILERÍA			
			PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
			ANGULO 100X100 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4mm	
			ANGULO 100X100 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	
			ANGULO 100X100 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 70X70 mm e= 6 mm	
			ANGULO 100X100 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 70X70 mm e= 6 mm	
			ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	
			ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	
			TUBO CUAD. 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
			TUBO CUAD. 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
			TUBO CUAD. 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	ANGULO 80X80 mm e= 9 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
			TUBO CUAD. 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	ANGULO 80X80 mm e= 9 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm
			TUBO CUAD. 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 75X75 mm e= 9 mm	ANGULO 75X75 mm e= 9 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm
			TUBO CUAD. 100X100 mm e= 13 mm	ANGULO 75X75 mm e= 9 mm	ANGULO 75X75 mm e= 9 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm
			TUBO CUAD. 100X100 mm e= 13 mm	ANGULO 75X75 mm e= 9 mm	ANGULO 75X75 mm e= 9 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm

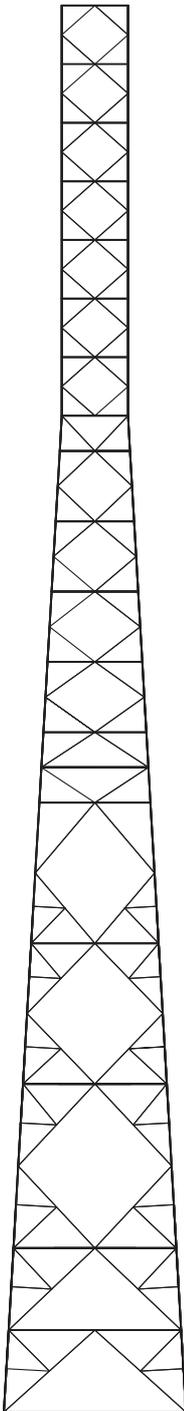
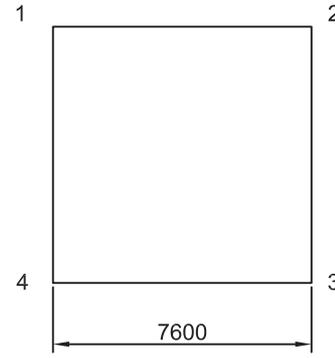
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																																																															
RADIOBASE	DON JUAN	OPERADORA	CNT																																																												
LOCALIZACIÓN	ATACAMES	ALTURA TORRE	60000																																																												
TRAMO		PERFILERÍA																																																													
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MW</td> <td>58700</td> <td>500X300</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>50000</td> <td>1000X300</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>54000</td> <td>2000X500</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>54000</td> <td>2000X500</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>54000</td> <td>2000X500</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>47000</td> <td>3000X6"Ø</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>46700</td> <td>3000X6"Ø</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>42300</td> <td>1000x500</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>42100</td> <td>3000x1000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>37200</td> <td>6000x1000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>23000</td> <td>800x2"Ø</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>22300</td> <td>1000x500</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>20200</td> <td>500x300</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	MW	58700	500X300	3	MW	50000	1000X300	3	SECTORIAL	54000	2000X500	3	SECTORIAL	54000	2000X500	3	SECTORIAL	54000	2000X500	1		47000	3000X6"Ø	1		46700	3000X6"Ø	2	MW	42300	1000x500	1	MW	42100	3000x1000	1	MW	37200	6000x1000	1		23000	800x2"Ø	1	MW	22300	1000x500	4	MW	20200	500x300	1
ANTENAS																																																															
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																																												
MW	58700	500X300	3																																																												
MW	50000	1000X300	3																																																												
SECTORIAL	54000	2000X500	3																																																												
SECTORIAL	54000	2000X500	3																																																												
SECTORIAL	54000	2000X500	1																																																												
	47000	3000X6"Ø	1																																																												
	46700	3000X6"Ø	2																																																												
MW	42300	1000x500	1																																																												
MW	42100	3000x1000	1																																																												
MW	37200	6000x1000	1																																																												
	23000	800x2"Ø	1																																																												
MW	22300	1000x500	4																																																												
MW	20200	500x300	1																																																												

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	MIRA	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	CARCHI	ALTURA TORRE	32000		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
22050					
12000	4000	ANGULO 65X65 mm e= 6 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
	4000	ANGULO 65X65 mm e= 6 mm	ANGULO 45X45 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
	4000	ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 90X90 mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
20000	5200	ANGULO 100X100 mm e= 10 mm	ANGULO 45X45 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
	5750	ANGULO 120X120 mm e= 9 mm	ANGULO 45X45 mm e= 5 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	
	5600	ANGULO 120X120 mm e= 9 mm	ANGULO 45X45 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 45X45 mm e= 5 mm
	2750	ANGULO 120X120 mm e= 9 mm	ANGULO 45X45 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 45X45 mm e= 5 mm
4430					

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																																																																									
RADIOBASE	MIRA	OPERADORA	CNT																																																																						
LOCALIZACIÓN	CARCHI	ALTURA TORRE	32000																																																																						
TRAMO		PERFILERÍA																																																																							
		PIERNA	PENDOLA																																																																						
		DIAG. P	DIAG. S																																																																						
																																																																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>30500</td> <td>2000X500</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>26300</td> <td>2000 x 500</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>26300</td> <td>2000 x 500</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>27500</td> <td>1300X600</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>24250</td> <td>4000X1000</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>21120</td> <td>1300X600</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>24250</td> <td>3000X1000</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>19950</td> <td>3000X1000</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>15700</td> <td>3000X1000</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>19050</td> <td>5000X1000</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>17050</td> <td>1500X600</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>16550</td> <td>3000X600</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>19550</td> <td>1500X600</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>16550</td> <td>4000X1000</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>10850</td> <td>3000X1000</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>8950</td> <td>4000X1000</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	SECTORIAL	30500	2000X500	2	SECTORIAL	26300	2000 x 500	3	SECTORIAL	26300	2000 x 500	4	MW	27500	1300X600	3	MW	24250	4000X1000	2	MW	21120	1300X600	2	MW	24250	3000X1000	1	MW	19950	3000X1000	3	MW	15700	3000X1000	2	MW	19050	5000X1000	4	MW	17050	1500X600	2	MW	16550	3000X600	3	MW	19550	1500X600	4	MW	16550	4000X1000	2	MW	10850	3000X1000	3	MW	8950
ANTENAS																																																																									
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																																																						
SECTORIAL	30500	2000X500	2																																																																						
SECTORIAL	26300	2000 x 500	3																																																																						
SECTORIAL	26300	2000 x 500	4																																																																						
MW	27500	1300X600	3																																																																						
MW	24250	4000X1000	2																																																																						
MW	21120	1300X600	2																																																																						
MW	24250	3000X1000	1																																																																						
MW	19950	3000X1000	3																																																																						
MW	15700	3000X1000	2																																																																						
MW	19050	5000X1000	4																																																																						
MW	17050	1500X600	2																																																																						
MW	16550	3000X600	3																																																																						
MW	19550	1500X600	4																																																																						
MW	16550	4000X1000	2																																																																						
MW	10850	3000X1000	3																																																																						
MW	8950	4000X1000	2																																																																						

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	SALIMA	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	MUISNE-SALIMA	ALTURA TORRE	54000 [mm]		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		UV 75X75X50 mm e= 6 mm	ANGULO 40X40 mm e= 4 mm	ANGULO 40X40 mm e= 4 mm	
		UV 85X85X60 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 4 mm	
		UV 85X85X60 mm e= 7 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
		UV 100X100X75 mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	
		UV 100X100X75 mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm
		UV 115X115X80 mm e= 8 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm
		UV 115X115X80 mm e= 8 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm
		UV 150X150X90 mm e= 8 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	ANGULO 60X60 mm e= 7 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm
		UV 150X150X90 mm e= 8 mm	ANGULO 80X80 mm e= 7 mm	ANGULO 100X100 mm e= 7 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm

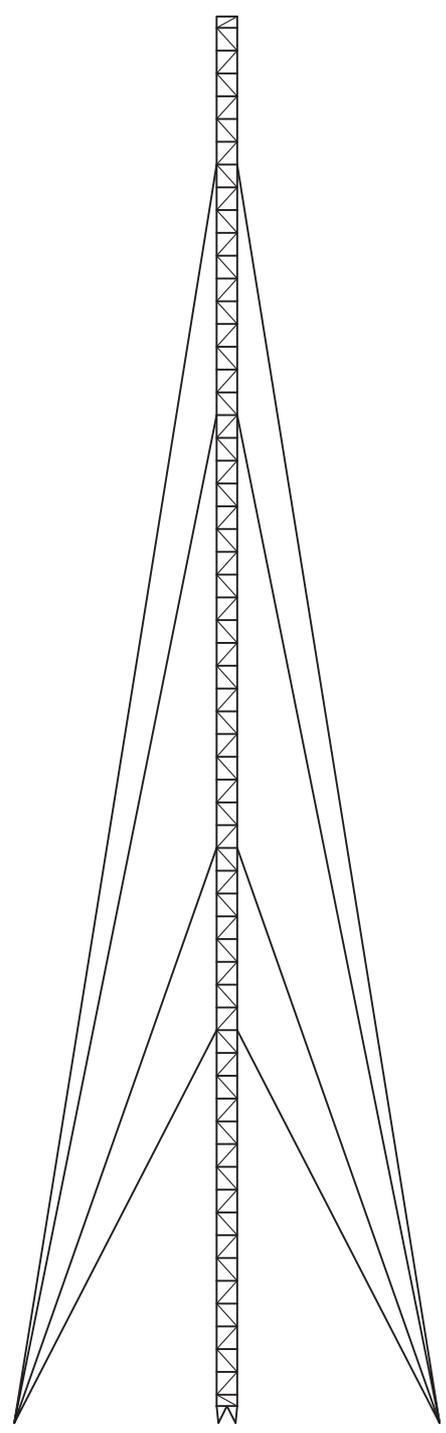
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																															
RADIOBASE	SALIMA	OPERADORA	CNT																												
LOCALIZACIÓN	MUISNE-SALIMA	ALTURA TORRE	54000 [mm]																												
TRAMO		PERFILERÍA																													
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MW</td> <td>50800</td> <td>2000X600</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>47400</td> <td>2000X500</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>47400</td> <td>2000X500</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>47400</td> <td>2000X500</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>26800</td> <td>2000X600</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	MW	50800	2000X600	3	SECTORIAL	47400	2000X500	1	SECTORIAL	47400	2000X500	2	SECTORIAL	47400	2000X500	3	MW	26800	2000X600	2
ANTENAS																															
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																												
MW	50800	2000X600	3																												
SECTORIAL	47400	2000X500	1																												
SECTORIAL	47400	2000X500	2																												
SECTORIAL	47400	2000X500	3																												
MW	26800	2000X600	2																												

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																																											
RADIOBASE	REPETIDORA QUITITO	OPERADORA	CNT																																								
LOCALIZACIÓN	ATACAMES	ALTURA TORRE	6000 [mm]																																								
TRAMO		PERFILERÍA																																									
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																																								
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: center;">  </div> </div>																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Diámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MW</td> <td>25800</td> <td>1000X600</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>34800</td> <td>2000X500</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>34800</td> <td>2000X500</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>45000</td> <td>2000X500</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>45000</td> <td>2000X500</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>56000</td> <td>1500X500</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MW</td> <td>58300</td> <td>1000X500</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>SECTORIAL</td> <td>42000</td> <td>2000X500</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	MW	25800	1000X600	1	MW	34800	2000X500	1	MW	34800	2000X500	3	SECTORIAL	45000	2000X500	3	SECTORIAL	45000	2000X500	2	MW	56000	1500X500	2	MW	58300	1000X500	1	SECTORIAL	42000	2000X500	1
ANTENAS																																											
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																								
MW	25800	1000X600	1																																								
MW	34800	2000X500	1																																								
MW	34800	2000X500	3																																								
SECTORIAL	45000	2000X500	3																																								
SECTORIAL	45000	2000X500	2																																								
MW	56000	1500X500	2																																								
MW	58300	1000X500	1																																								
SECTORIAL	42000	2000X500	1																																								

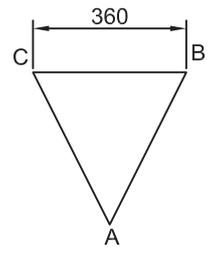
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	PUNÁ	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	ISLA PUNÁ-GUAYAS	ALTURA TORRE	25000		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		UV 75X75X50 mm e= 6 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 3 mm	
		UV 40X40X60 mm e= 4 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 3 mm	
		UV 40X40X60 mm e= 5 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 3 mm	
		UV 40X40X60 mm e= 5 mm	ANGULO 25X25 mm e= 4 mm	ANGULO 40X40 mm e= 4 mm	
		UV 40X40X60 mm e= 5 mm	ANGULO 25X25 mm e= 5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 5 mm	

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN

RADIOBASE	PUNÁ	OPERADORA	CNT
LOCALIZACIÓN	ISLA PUNÁ-GUAYAS	ALTURA TORRE	25000
TRAMO		PERFILERÍA	
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S

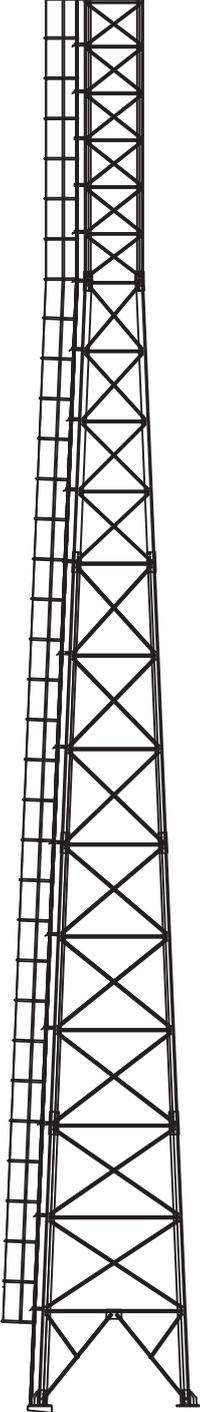
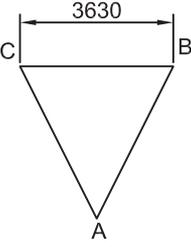


Notas:
 - Tensor de espesor 9 mm
 - Tensores en vértices A,B,C

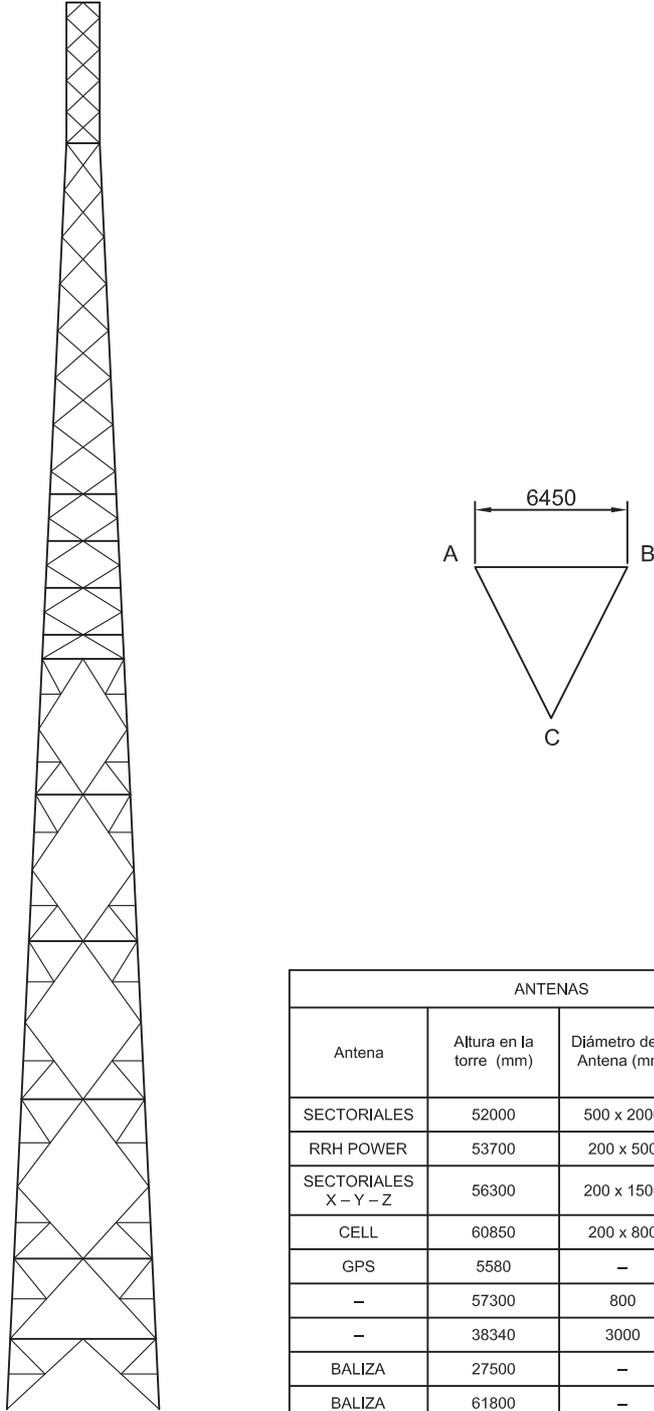


ANTENAS			
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)
Rep Balao	16500	1600	A
Rep Balao	22600	1600	A
Omni	24000	1400 largo	A
Omni	17100	1400 largo	B
Omni	25000	1400 largo	B
Nueva Puna	18400	1600	C
Omni	22600	1400 largo	C
Omni	23600	1400 largo	C

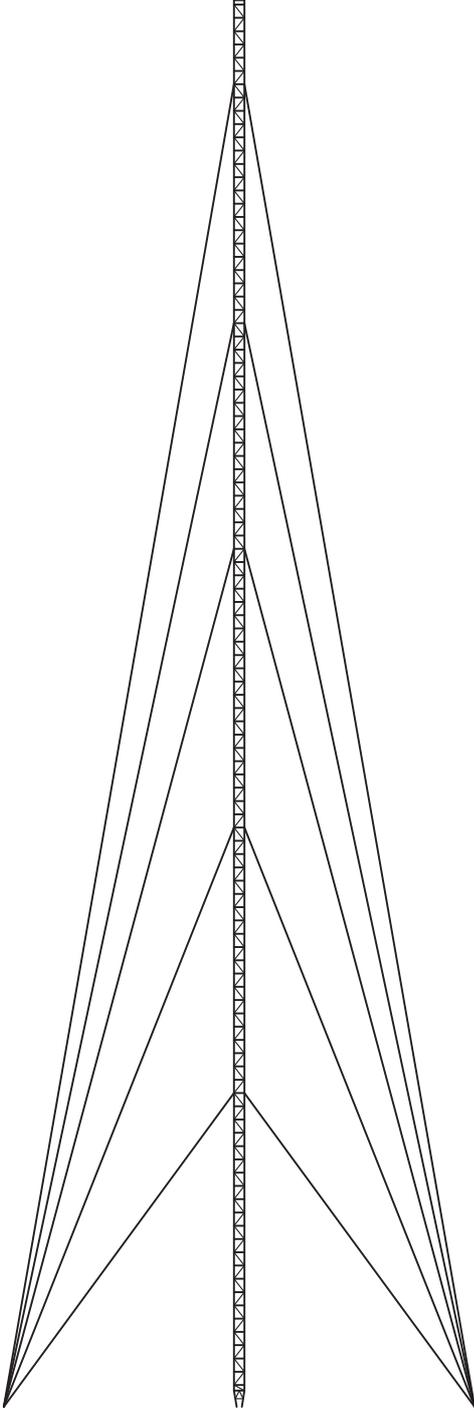
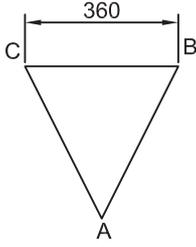
LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	REPETIDORA LA BELLEZA	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	IMBABURA- VIA A SAN LORENZO	ALTURA TORRE	30000		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		UV 65X65X70mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4.5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 4.5 mm	
		UV 80X80X70mm e= 6.5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4.5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 4.5 mm	
		UV 80X80X70mm e= 6.5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4.5 mm	ANGULO 40X40 mm e= 4.5 mm	
		UV 80X80X70mm e= 6.5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4.5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4.5 mm	
		UV 100X100X70mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	
		UV 100X100X70mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	REPETIDORA LA BELLEZA	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	IMBABURA- VIA A SAN LORENZO	ALTURA TORRE	30000		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S		
					
		ANTENAS			
		Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)
		CDMA 450 SECTOR 2	29300	2000X500	A
		MICROONDA HUAWEI ESTACIÓN: BELLEZA DIRECCIÓN: GARBANZAL	15170	1200	B
		MICROONDA HUAWEI ESTACIÓN: LA BELLEZA DIRECCIÓN: LA CAROLINA	19020	600	B
CDMA 450 SECTOR 1	29300	2000X500	B		
CDMA 450 SECTOR 0	29300	2000X500	C		

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN						
RADIOBASE	VIRGEN DE FATIMA		OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	VIRGEN DE FATIMA - GUAYAS		ALTURA TORRE	60000		
TRAMO			PERFILERÍA			
			PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
			UV 60X60X60 mm e= 6 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm	
			UV 75X75X50 mm e= 6 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm	ANGULO 40X40 mm e= 3 mm	
			UV 75X75X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm	
			UV 75X75X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm	ANGULO 40X40 mm e= 4 mm	
			UV 75X75X60 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 5 mm	
			UV 100X100X60 mm e= 6 mm	ANGULO DOBLE 50X50 mm e= 5 mm	ANGULO DOBLE 50X50 mm e= 5 mm	
			UV 100X100X70 mm e= 8 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm	ANGULO DOBLE 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm
			UV 120X120X70 mm e= 10 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO DOBLE 60X60 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm
			UV 120X120X70 mm e= 12 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO DOBLE 75X75 mm e= 4 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm
			UV 150X150X80 mm e= 12 mm	ANGULO 50X50 mm e= 6 mm	ANGULO DOBLE 75X75 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm
			UV 150X150X80 mm e= 12 mm	ANGULO 60X60 mm e= 8 mm	ANGULO DOBLE 75X75 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm
			UV 150X150X80 mm e= 12 mm	ANGULO 80X80 mm e= 6 mm	ANGULO DOBLE 80X80 mm e= 5 mm	ANGULO 50X50 mm e= 3 mm

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																																															
RADIOBASE	VIRGEN DE FATIMA	OPERADORA	CNT																																												
LOCALIZACIÓN	VICTOR DE FATIMA - GUAYAS	ALTURA TORRE	60000																																												
TRAMO		PERFILERÍA																																													
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																																												
																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th>Antena</th> <th>Altura en la torre (mm)</th> <th>Díámetro de la Antena (mm)</th> <th>Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SECTORIALES</td> <td>52000</td> <td>500 x 2000</td> <td>A - B - C</td> </tr> <tr> <td>RRH POWER</td> <td>53700</td> <td>200 x 500</td> <td>A - B - C</td> </tr> <tr> <td>SECTORIALES X - Y - Z</td> <td>56300</td> <td>200 x 1500</td> <td>A - B - C</td> </tr> <tr> <td>CELL</td> <td>60850</td> <td>200 x 800</td> <td>A - B - C</td> </tr> <tr> <td>GPS</td> <td>5580</td> <td>-</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>57300</td> <td>800</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>38340</td> <td>3000</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>BALIZA</td> <td>27500</td> <td>-</td> <td>A - C</td> </tr> <tr> <td>BALIZA</td> <td>61800</td> <td>-</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Díámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	SECTORIALES	52000	500 x 2000	A - B - C	RRH POWER	53700	200 x 500	A - B - C	SECTORIALES X - Y - Z	56300	200 x 1500	A - B - C	CELL	60850	200 x 800	A - B - C	GPS	5580	-	B	-	57300	800	B	-	38340	3000	C	BALIZA	27500	-	A - C	BALIZA	61800	-	B
ANTENAS																																															
Antena	Altura en la torre (mm)	Díámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																																												
SECTORIALES	52000	500 x 2000	A - B - C																																												
RRH POWER	53700	200 x 500	A - B - C																																												
SECTORIALES X - Y - Z	56300	200 x 1500	A - B - C																																												
CELL	60850	200 x 800	A - B - C																																												
GPS	5580	-	B																																												
-	57300	800	B																																												
-	38340	3000	C																																												
BALIZA	27500	-	A - C																																												
BALIZA	61800	-	B																																												

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN					
RADIOBASE	BOCANO DEL CAMPO	OPERADORA	CNT		
LOCALIZACIÓN	QUININDÉ-LA UNIÓN	ALTURA TORRE	50200		
TRAMO		PERFILERÍA			
		PIERNA	PENDOLA	DIAG. P	DIAG. S
		UV 60x60x60 mm e= 6 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 4 mm	
		UV 60x60x60 mm e= 6 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 4 mm	
		UV 60x60x60 mm e= 6 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 4 mm	
		UV 60x60x60 mm e= 6 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 4 mm	
		UV 60x60x60 mm e= 6 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 4 mm	
		UV 60x60x60 mm e= 6 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 4 mm	
		UV 75x75x60 mm e= 6 mm	ANGULO 25X25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 4 mm	
		UV 75x75x60 mm e= 6 mm	TUB. CUADRADO 25 mm e= 3 mm	ANGULO 30X30 mm e= 4 mm	

LEVANTAMINETO DE TORRE DE TRASMISIÓN																											
RADIOBASE	BOCANO DEL CAMPO	OPERADORA	CNT																								
LOCALIZACIÓN	QUININDÉ-LA UNIÓN	ALTURA TORRE	50200																								
TRAMO		PERFILERÍA																									
		PIERNA	PENDOLA DIAG. P DIAG. S																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 45%;"> <p>Notas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensor de espesor 6 mm - Tensores en vértices A,B,C <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div> </div> </div>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">ANTENAS</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">Antena</th> <th style="width: 15%;">Altura en la torre (mm)</th> <th style="width: 15%;">Diámetro de la Antena (mm)</th> <th style="width: 55%;">Ubicación (vértice)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">MW</td> <td style="text-align: center;">49600</td> <td style="text-align: center;">1000</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SECTORIAL</td> <td style="text-align: center;">29680</td> <td style="text-align: center;">2000X500</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SECTORIAL</td> <td style="text-align: center;">29680</td> <td style="text-align: center;">2000X500</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MW</td> <td style="text-align: center;">34610</td> <td style="text-align: center;">1500X500</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </tbody> </table>				ANTENAS				Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)	MW	49600	1000	3	SECTORIAL	29680	2000X500	1	SECTORIAL	29680	2000X500	2	MW	34610	1500X500	2
ANTENAS																											
Antena	Altura en la torre (mm)	Diámetro de la Antena (mm)	Ubicación (vértice)																								
MW	49600	1000	3																								
SECTORIAL	29680	2000X500	1																								
SECTORIAL	29680	2000X500	2																								
MW	34610	1500X500	2																								