



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño estructural de una torre autosoportada cuadrangular de
24m portadora de antenas de telecomunicaciones en Huanta-
Huanta- Ayacucho, 2020

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR(ES):

Gonzales Dongo, Gustavo Alonso (ORCID: 0000-0002-1966-6828)

ASESOR(A):

Mg. Ing. Segura Terrones, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-9320-0540)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

Chimbote- Perú

2021

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todo mi familiar. Por haberme apoyado en cada uno de los pasos que he dado en la vida.

Agradecimiento

Agradezco a cada uno de los docentes de la UCV de la facultad de ingeniería civil porque han formado la cimentación de los conocimientos adquiridos a lo largo de estos años.

Índice de contenido

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice de contenido	iii
Índice de tablas	iv
Índice de figuras	v
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
V. CONCLUSIONES	60
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. REFERENCIAS	63
VIII. ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1 Capacidad portante del terreno de manera aproximada	15
Tabla 2 Factores de forma	20
Tabla 3 Factores de carga para determinar cargas adicionales en elementos de cierre	20
Tabla 4 Combinaciones de carga	21
Tabla 5 Factor demanda capacidad en componentes estructurales de la torre	45
Tabla 6 Desplazamiento máximo en la parte superior de la torre	45
Tabla 7 Cargas de viento según 100 kph.....	49
Tabla 8 Reacciones aplicadas Sobre la Cimentación trasladadas al centroide de la Cimentación.....	50
Tabla 9 Cálculo del peso propio de la cimentación	55
Tabla 10 Momento Resistente a cargas laterales (Direcciones X-X e Y-Y)	56
Tabla 11 Momento Desestabilizante - Dirección X-X e Y-Y	56

Índice de figuras

Figura 1 Torre atirantada	6
Figura 2 Torre monopolo	7
Figura 3 Torre autoportante	7
Figura 4 Estructura principal de una torre autosoportada	8
Figura 5 Escalera de acceso	9
Figura 6 Elementos de seguridad para manipular una torre de telecomunicaciones	9
Figura 7 Montaje de la plataforma de la torre monopolo	10
Figura 8 Estabilizador en la torre ventada	10
Figura 9 Parte superior de la torre donde se encuentra el pararrayo	11
Figura 10 Señalización en la parte superior de la torre de telecomunicaciones	11
Figura 11 Balizamiento diurno	12
Figura 12 Conexión de red de tierras	13
Figura 13 Galvanización de los elementos estructurales	14
Figura 14 Tipos de cimentación	15
Figura 15 Cimentación o base de la torre de telecomunicaciones	16
Figura 16 Reacción del terreno en función a la carga excéntrica	17
Figura 17 Esfuerzo producido por la estructura	17
Figura 18 Mapa Eólico del Perú	22
Figura 19 Metodología del diseño para las torres de telecomunicaciones	26
Figura 20 Vistas principales de cargas en antenas en la estructura	36
Figura 21 Vista principal de las ratios de esfuerzos de la estructura	37
Figura 22 Vista de los desplazamientos en la parte superior de la torre	44
Figura 23 Dimensiones de losa de cimentación y pedestal - Elevación	48
Figura 24 Modelo de la zapata de la torre en el programa SAFE	52
Figura 25 Carga Muerta y Carga de Viento a 0°	52
Figura 26 Sección Transversal del pedestal	53
Figura 27 Diagrama de Interacción de Sección Transversal del pedestal	54
Figura 28 Envolvente de Esfuerzos máximos transmitidos al terreno bajo cargas de servicio (Carga muerta + Cargas de viento / Carga muerta + Cargas sísmicas).	55
Figura 29 Acero de Refuerzo por flexión –Direcciones X-X y Y-Y	57

Figura 30 Cortante en Franjas de Diseño – Envolverte Máxima en la dirección X-X	58
Figura 31 Cortante en Franjas de Diseño – Envolverte Máxima en la dirección Y-Y	58
Figura 32 Verificación por punzonamiento	59

Resumen

El presente trabajo de suficiente profesional titulada: "Diseño estructural de una torre autoportada cuadrangular de 24m portadora de antenas de telecomunicaciones en Huanta- Huanta- Ayacucho, 2020", tiene como objetivo principal determinar las condiciones de resistencia para los elementos estructurales de la torre autoportada de 24 m de altura puedan soportar vientos de 100 km/h en Huanta- Huanta- Ayacucho. Se usaron las siguientes metodologías para el diseño lo indicado en la Norma TIA/EIA 222 - F. "Structural Standards for steel antenna towers and antenna supporting structures" y para el diseño de la cimentación se usaron las consideraciones de diseño por resistencia última de la Norma nacional E. 060 de concreto armado, además E.050 de suelos y E0.30 sismorresistente. Los resultados obtenidos fueron las deformaciones obtenidas como la deflexión con $0.1914 \text{ m} = 0.46^\circ < 0.75^\circ$, la torsión $0.0081^\circ < 0.30^\circ$ han sido tomadas desde la parte más alta de la estructura; es decir, la cúspide para una velocidad de viento de 75 km/h que corresponde a la velocidad de operación. Las dimensiones de los siguientes perfiles del panel 1 EA2X2X3/16, del panel 2 EA2X2X3/16, del panel 3 EA2X2X3/16, del panel 4 EA2.5X2.5X1/4, del panel 5 EA2.5X2.5X1/4, del panel 6 EA3X3X1/4, del panel 7 EA4X4X1/4, del panel 8 EA4X4X5/16, del panel 9 EA4X4X1/2 y del panel 10 EA4X4X1/2. La longitud de desarrollo en compresión (sin gancho) obteniendo $L_{db} = 0.08 \times d_b \times f_y / \sqrt{f'_c} = 0.08 \times 1.60 \text{ cm} \times 4200 \text{ kg/cm}^2 / \sqrt{210 \text{ kg/cm}^2} = 37.10 \text{ cm}$ $L_{db} = 0.004 \times d_b \times f_y = 0.004 \times 1.60 \text{ cm} \times 4200 \text{ kg/cm}^2 = 26.88 \text{ cm}$ y la longitud por tracción (incluye gancho estándar) fue de: $L_{db} = 35.11 \text{ cm}$. El valor de los esfuerzos transmitidos al terreno fue de 1.88 kg/cm^2 . Se concluye que con los resultados obtenidos, la geometría propuesta para la torre autoportada de 24 m de altura, incluido los perfiles angular y tubos cumplieron las condiciones de resistencia evaluados en función a la velocidad de viento de 100 km/h en Huanta- Huanta- Ayacucho.

Palabras claves: Torre autoportada cuadrangular, Esfuerzo admisible, vientos, Diseño por supervivencia, diseño por operación.

Abstract

The present work by a sufficient professional entitled: "Structural design of a 24m quadrangular self-supporting tower carrying telecommunications antennas in Huanta-Huanta-Ayacucho, 2020", has as its main objective to determine the resistance conditions for the structural elements of the self-supporting tower 24 m high can withstand winds of 100 km / h in Huanta-Huanta-Ayacucho. The following design methodologies were used as indicated in the TIA / EIA 222 - F. "Structural Standards for steel antenna towers and antenna supporting structures" and for the design of the foundation, the design considerations for ultimate resistance of the National standard E. 060 for reinforced concrete, plus E.050 for soils and E0.30 earthquake resistant. The results obtained were the deformations obtained as the deflection with $0.1914 \text{ m} = 0.46^\circ < 0.75^\circ$, the torsion $0.0081^\circ < 0.30^\circ$ have been taken from the highest part of the structure; that is, the cusp for a wind speed of 75 km / h which corresponds to the operating speed. The dimensions of the following profiles of panel 1 EA2X2X3 / 16, panel 2 EA2X2X3 / 16, panel 3 EA2X2X3 / 16, panel 4 EA2.5X2.5X1 / 4, panel 5 EA2.5X2.5X1 / 4, panel 6 EA3X3X1 / 4, panel 7 EA4X4X1 / 4, panel 8 EA4X4X5 / 16, panel 9 EA4X4X1 / 2 and panel 10 EA4X4X1 / 2. The development length in compression (without hook) obtaining $L_{db} = 0.08 \times d_b \times f_y / \sqrt{f'_c} = 0.08 \times 1.60 \text{ cm} \times 4200 \text{ kg / cm}^2 / \sqrt{210 \text{ kg / cm}^2} = 37.10 \text{ cm}$ $L_{db} = 0.004 \times d_b \times f_y = 0.004 \times 1.60 \text{ cm} \times 4200 \text{ kg / cm}^2 = 26.88 \text{ cm}$ and the tensile length (includes standard hook) was: $L_{db} = 35.11 \text{ cm}$. The value of the stresses transmitted to the ground was 1.88 kg / cm^2 . It is concluded that with the results obtained, the geometry proposed for the 24 m high self-supporting tower, including the angular profiles and tubes, met the resistance conditions evaluated based on the wind speed of 100 km / h in Huanta-Huanta- Ayacucho.

Keywords: Quadrangular self-supporting tower, Allowable stress, winds, Design by survival, design by operation.

I. INTRODUCCIÓN

En general las torres de telecomunicaciones son estructuras esbeltas, con características estructurales flexibles y con bajo amortiguamiento, lo que las hace realmente vulnerables y sensibles frente a las acciones dinámicas como el sismo y el viento.

Debido a que no existen normas especializadas en el diseño de estructuras de telecomunicaciones en el Perú. Ello significa que estamos en desventaja frente a otros países desarrollados por carecer la falta de criterios de análisis y diseño de dichas estructuras, y esto conlleva a que las torres de telecomunicaciones puedan colapsar debido a un análisis estructural que subestima las cargas producidas por las eventualidades mencionadas, o por el error humano al momento de calcularlas.

Con lo indicado en el párrafo anterior se justifica que el trabajo trata de generar una metodología especializada basada tanto en las normas internacionales como nacionales para el sustento del diseño estructural, tanto de los elementos que forman parte de la geometría de la torre autoportante cuadrada de 24m de altura, y que, además, esta pueda soportar las cargas que producen las antenas de telecomunicaciones. Así como el diseño de la cimentación que es la base que transmitirá las cargas de la torre autoportante cuadrada de 24m de altura de manera adecuada al suelo o terreno de fundación.

La empresa encargada de realizar los cálculos del diseño estructural de la torre autoportante cuadrada de 24m de altura, así como su cimentación de concreto armado ubicado en el Jirón Los Andes Mz. Ñ1 - Lote 24 – Barrio Cinco Esquinas en el distrito de Huanta, Provincia de Huanta, Departamento de Ayacucho, es Desarrollo de infraestructura de Telecomunicaciones Perú S.A.C cuyo RUC 20565906926. La misma que tiene experiencia para el diseño estructural de Torres Autosportadas.

Las funciones del Bach. han sido de las siguientes como asistente en el área de diseño estructural: obtener los factores de diseño, predimensionar los elementos estructurales, realizar la evaluación de la torre autoportada cuadrada de altura 24m considerando el método de esfuerzos admisibles (ASD), así como modelarlo en el programa MS- Tower, que es el más usado y de mayor

confiabilidad en relación con las torres de telecomunicaciones. Realizar el diseño de la cimentación usando el método de la resistencia última y modelarlo en el software Safe 2014.

Se formulan el siguiente problema general: ¿Se cumplen las condiciones de resistencia evaluados a velocidad de un viento de 100 km/h para los elementos estructurales de la torre autoportada de 24 m de altura en Huanta-Huanta- Ayacucho? Como problemas específicos tenemos a: ¿Se cumplen que las deformaciones producidas por un viento de 75 km/h (velocidad operacional) no comprometen a la torre autoportada de 24 m de altura en Huanta- Huanta- Ayacucho?, ¿ la relación demanda y capacidad producidos en las montantes para una velocidad de 100 km/h son las adecuadas?, ¿En qué medida el diseño por corte en la cimentación de concreto armado se relaciona con la torre autoportada de 24 m de altura en Huanta- Huanta- Ayacucho?, ¿En qué medida el diseño por flexión en la cimentación de concreto armado se relaciona con la torre autoportada de 24 m de altura en Huanta- Huanta- Ayacucho? y ¿De qué manera se verifica que la transmisión de carga entre la cimentación y el terreno de fundación es adecuada?.

El objetivo general es: Determinar las condiciones de resistencia para los elementos estructurales de la torre autoportada de 24 m de altura puedan soportar vientos de 100 km/h en Huanta- Huanta- Ayacucho. Los objetivos específicos son: Determinar las deformaciones producidas por un viento de 75 km/h (velocidad operacional), Determinar la relación demanda y capacidad de esfuerzos producidos en las montantes para una velocidad de 100 km/h, Determinar espesor de cimentación con la relación de las longitudes de desarrollo a compresión y tracción, Establecer una relación entre el diseño por corte en la cimentación de concreto armado y la relación demanda y capacidad la torre autoportada de 24 m de altura en Huanta- Huanta- Ayacucho, Establecer una relación entre el diseño por flexión en la cimentación de concreto armado y la torre autoportada de 24 m de altura en Huanta- Huanta- Ayacucho y Determinar el esfuerzo transmitido de la cimentación hacia el terreno de fundación.

II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes internacionales** tenemos a:

Según Lopez Hernandez (2016) en su informe de actividades profesionales para obtener el título de ingeniería civil titulada: “Diseño de torres de telecomunicaciones”, por la Universidad Nacional Autónoma de México. Llegó a las siguientes conclusiones:

Se realizaron los análisis para dos tipos de torre, Autosoportada y un Mástil colocado sobre un inmueble existente. Para la caracterización del viento y sismo se empleó el manual de Obras Civiles CFE de Viento y Sismo respectivamente interpretando los criterios existentes para este tipo de estructuras. En los dos casos se puede concluir que las fuerzas predominantes en nuestra estructura son las generadas por el viento, esto causado por el tipo de terreno en el cual se encuentran y su exposición directamente al viento. Las dos estructuras se encuentran por debajo de los parámetros permitidos para esfuerzos y desplazamiento, por lo cual es factible su construcción. En ninguna de las dos estructuras los esfuerzos sobrepasan el 100%, es permitido llegar al 100% del esfuerzo ya que a la hora del diseño se utilizan factores de seguridad los cuales nos dan seguridad del buen funcionamiento de la estructura sometiénola a situaciones críticas ocasionadas por el viento o un sismo. Ya que en el país no existen un manual específico para el diseño de este tipo de estructuras y en la actualidad es muy común su construcción, creo que sería muy recomendable que se regule a las empresas privadas que en la actualidad construyen y operan torres de telecomunicación. Ya que en la experiencia que he obtenido durante los dos años y medio que he trabajado en este campo eh podido observar al momento de colaborar con empresas externas a TELESITES que cada una diseña con criterios distintos, de los cuales yo considero los criterios de TELESITES son los más estrictos.

Según Arias Cantor & Gonzales Romero (2019) en su guía titulada: “Guía de diseño estructural de torres de telecomunicaciones autosoportadas en colombia para alturas de 20, 30 y 40 metros”, por la Universidad Católica de Colombia. Llegaron a las siguientes conclusiones:

El objetivo es elaborar una guía aplicada al diseño estructural de torres de telecomunicaciones para alturas de 20, 30 y 40m, teniendo en cuenta las condiciones ambientales más representativas del país. Esto con el fin de aportar en el proceso de mitigar colapsos, reducir tiempos de diseño y estimar costos de las estructuras. Además, de verificar la influencia del viento sobre las torres, en comparación con los efectos sísmicos. Conforme a los cálculos manuales realizados, se logró obtener una relación demanda/capacidad lo suficientemente confiable para los miembros y conexiones de las torres, es decir, la utilización del software SAP2000, RAM e IDEA STATICA CONNECTION, representa una opción viable de diseño, ya que el porcentaje de error máximo en las verificaciones realizadas es del 1%. De este modo, se logra una relación balanceada entre la reducción en tiempos de diseño y la seguridad de las estructuras calculadas. Las conclusiones fueron realizar estudios sobre la influencia del sismo en zonas de amenaza sísmica alta en Colombia.

Como **antecedentes nacionales** tenemos a:

Según Aguirre Mendoza (2017) en su proyecto de tesis para obtener el título de ingeniería civil titulada: “Diseño de una torre autoportada triangular de 60 metros portadora de antenas”, por la Universidad Nacional de Piura. Llegó a las siguientes conclusiones:

Tiene como objetivo realizar el diseño estructural de cada uno de los elementos de la torre de autoportada cuadrangular de altura de 24 m. Además, de la cimentación que será la base de dicha estructura. La metodología usada se basó en la norma TIA/EIA 222 F y códigos actualizados para poder realizar el diseño adecuado. El diseño de la torre autoportada triangular cumple con la resistencia y las deformaciones que están dentro del rango adecuado. El diseño de los pernos de anclaje de la estructura autoportada a la cimentación de concreto armado están basadas en la norma americana ACI 318-08. Se concluye que la cimentación tiene las dimensiones adecuadas para poder transmitir las cargas de la estructura hacia el terreno o suelo de fundación.

Según Mejía Van Dyck & Reátegui Briceño (2017) en su proyecto de tesis para obtener el título de ingeniería civil titulada: “Diseño de una torre

autosoportada triangular de 60 metros portadora de antenas”, por la Universidad Nacional de Piura. Llegaron a las siguientes conclusiones:

Por ello la presente tesis está enfocada en el diseño de Torres de Telecomunicaciones de diferentes alturas comerciales y así poder tener una tendencia para el diseño de torres de cualquier altura y poder homogeneizar los diseños. El diseño de las torres se realice siguiendo los parámetros de la norma TIA/EIA 222F comparando los desplazamientos laterales con los mínimos requeridos por la norma y establecer la mejor propuesta técnico-económica. Además de realizar el diseño de las torres, se realizaron los metrados respectivos para el dimensionamiento de los perfiles que se van a utilizar además de estimar el costo de cada estructura para serla la más económica posible.

Las **teorías relacionadas** con el tema en estudio son:

Las torres de telecomunicaciones son aquellas cuya función es soportar las antenas de emiten señales en alturas considerables y su base ayuda a transmitir las cargas de la misma hacía el suelo o terreno de fundación. Las torres más usadas son las torres atirantadas, las torres monopolo y las torres autoportantes.

Torres atirantadas o arriostradas

Se llaman así a las torres reticulares que poseen cables a ciertas distancias para proveer de estabilidad a la estructura. Se pueden utilizar sobre edificaciones existentes. La función de los cables es la de transmitir fuerzas de tracción y la torre produce esfuerzos de compresión en la base. Además, este sistema cuenta con columnas y vigas en la base para poder distribuir los esfuerzos de manera adecuada todos los esfuerzos producidos por la torre atirantada. Dependiendo del grado de la estabilidad de la estructura serán necesarios los estabilizadores. Las alturas usadas para esta estructura van desde los 6 a 90 m. Siendo más económicas que las torres autosoportadas y se debe de tener en cuenta que el terreno debe ser amplio para ofrecer mejor capacidad de transmisión de cargas.

Figura 1 Torre atirantada



Fuente: Tomado de la *guía de diseño estructural de torres de telecomunicaciones autosoportadas en Colombia para alturas de 20, 30 y 40 metros* (p. 33), por Arias Cantor & Gonzales Romero, 2019.

Torres monopolo

Se caracteriza por tener dos partes bien definidas como la parte superior donde se colocan las antenas y el cuerpo de la torre. Además, está conformado por una serie de secciones que depende de la altura de la estructura. Por lo general, son tubulares y donde prima la estética; además, de no general algún impacto visual excesivo, que pintadas suelen pasar desapercibido. Las alturas que corresponden a este tipo de estructuras van desde los 12 m hasta los 36 m. (véase la **Figura 2**).

Torres autoportantes

Se caracteriza por sufrir un menor efecto de torsión y son más comunes verlos ubicados en zonas urbanas, suburbanas e incluso en zonas rurales. Su sección transversal puede ser triangular o cuadrada y su geometría puede ser piramidal donde su capacidad puede soportar varias antenas de gran tamaño (véase la **Figura 3**)

Figura 2 Torre monopolo



Fuente: Tomado de la *guía de diseño estructural de torres de telecomunicaciones autosoportadas en Colombia para alturas de 20, 30 y 40 metros* (p. 34), por Arias Cantor & Gonzales Romero, 2019.

Figura 3 Torre autoportante



Fuente: Tomado de la *guía de diseño estructural de torres de telecomunicaciones autosoportadas en Colombia para alturas de 20, 30 y 40 metros* (p. 35), por Arias Cantor & Gonzales Romero, 2019.

Las componentes de la torre son:

Estructura principal

La estructura principal tiene como objetivo ser el soporte de las antenas y sus componentes en la torre. Su función es garantizar la resistencia y estabilidad para poder transferir las cargas de manera adecuada a la base o cimentación. Sus componentes son: Tornillería, diagonales, cerramientos secundarios y horizontales.

Figura 4 Estructura principal de una torre autosoportada



Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 20), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Escalera de acceso

La escalera de acceso es un elemento que se encuentra fija y de manera vertical en toda la longitud de la estructura y es importante para que los operarios puedan realizar los mantenimientos requeridos por el uso que se le dará a la misma.

Figura 5 Escalera de acceso



Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 21), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Sistema de seguridad

Las nuevas normativas indican que en todos los trabajos se deben prevenir los riesgos laborales por ello las torres deben proveer de una línea de vida, arnés de seguridad, carro deslizante, etc.

Figura 6 Elementos de seguridad para manipular una torre de telecomunicaciones



Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 21), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Plataforma de trabajo

Es importante que existan plataformas de descanso a lo largo de la torre de telecomunicaciones que pueda permitir que la instalación y el mantenimiento sea factible y sencilla. Donde su rango debe abarcar todo el perímetro. Además, los espacios deberán de ser suficientes para que las personas encargadas puedan circular sin mayores dificultades. Son del mismo material de la torre y pueden ser provistas de puertas.

Figura 7 Montaje de la plataforma de la torre monopolo



Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 22), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Brazo antitorsión

Los brazos antitorsión son también llamados estabilizadores y su uso es exclusivo a las torres arriestradas. Consiste en una estructura auxiliar que se caracteriza por evitar que se produzcan las torsiones debido a las fuerzas que generan los cables.

Figura 8 Estabilizador en la torre ventada



Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 23), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Sistema de protección contra descargas

La protección contra descargas está relacionada con las tormentas eléctricas, donde se debe tener en cuenta el conocimiento del eco estático del rayo. Su ubicación es en la cúspide, además, de un cable dirigida hacia la base de la estructura. En la práctica se lleva la energía del rayo hacia la tierra. Es importante dicho sistema ya que reduce el impacto de la corriente atmosférica sobre los equipos de transmisión.

Figura 9 Parte superior de la torre donde se encuentra el pararrayo



Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 24), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Sistema de señalización nocturno

Consiste en la instalación de equipos de baliza en la parte superior de la torre más un equipo de reserva según lo refiere la organización Internacional de la Aviación Civil. Se suelen colocar en estructuras que superan los 25 m de altura. Y se deben de activar de manera automática.

Figura 10 Señalización en la parte superior de la torre de telecomunicaciones

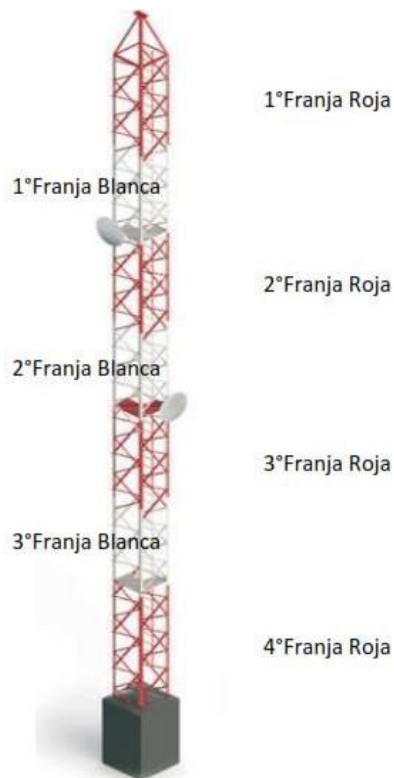


Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 24), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Balizamiento diurno

Dentro de la composición de la baliza diurna se usan pinturas acrílicas, látex, etc. Está constituido por 7 franjas, donde 4 de ellas son rojas y las 3 restantes blancas. Se recomienda, iniciar con el color rojo y terminar con dicho color. Es obligatorio solo en zonas donde existan el paso de aeronaves.

Figura 11 Balizamiento diurno



Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena (p. 25)*, por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Conexión a red de tierra

La función principal es la de enviar al sistema de tierras las descargar eléctricas y de esa manera reducir el impacto hacia los equipos que trabajan en conjunto con la estructura.

Figura 12 Conexión de red de tierras



Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 27), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Protección anticorrosión

Es fundamental que los elementos de la estructura estén protegidos contra la corrosión, incluso los accesorios y soldaduras. Eso evita que la estructura pierda resistencia y aumente el riesgo de los accidentes. La corrosión aparece por el contacto con el medio ambiente.

Los tratamientos recomendados son el cincado electrolítico que no es más que otra cosa que bañar a cada uno de los elementos en Zinc en estado de fusión y las capas de pinturas protectoras que recubren dependen según el medio donde se encuentren como es el caso de zonas marítimas, ciudades, industrias, etc.

Figura 13 Galvanización de los elementos estructurales



Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 28), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Cimentación

La cimentación también es conocida como base o subestructura y sirve para poder transmitir el peso de toda la torre de manera adecuada hacia el suelo o terreno de fundación. Debido a que la resistencia del suelo es menor que la del concreto, por ello la cimentación deberá tener mayor área que los elementos verticales para así poder reducir los esfuerzos que se producen en el terreno. Ahora el suelo de fundación deberá trabajar en base a un estado equilibrado donde no se produzcan asentamientos perceptibles o aparición de esfuerzos de tracción generando algún levantamiento en sus extremos. Dentro del diseño de esta estructura se deberá considerar las siguientes hipótesis:

- La cimentación debe de ser rígida.
- El suelo debe ser homogéneo, elástico y aislado de suelo circundante.

Los tipos de cimentación son:

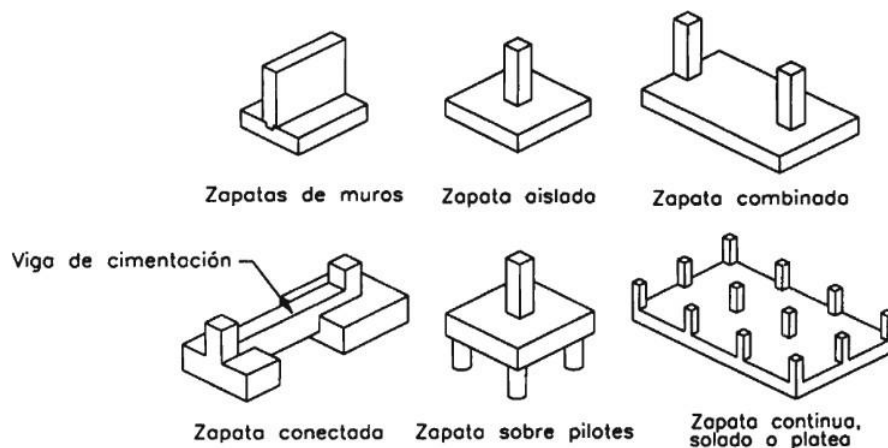
- Zapata de muros.
- Zapatas aisladas.
- Zapatas combinadas.
- Zapatas conectadas.

Tabla 1 Capacidad portante del terreno de manera aproximada

Tipo de suelo	q_s (kg/cm ²)
1. Rocas macizas: granito, diorita, gneis.	100
2. Rocas laminadas: esquistos, pizarra.	40
3. Roca sedimentarias: caliza, arenisca.	15
4. Cascajo, gravas o gravas arenosas (GW ó GP)	
Compactas	5
Medianamente compactas (Lima)	4
Seltas	3
5. Arenas o arenas con grava bien graduadas (SW)	
Compactas	3.75
Medianamente compactas	3
Seltas	2.25
6. Arenas o arenas con grava mal graduada (SP)	
Compactas	3
Medianamente compactas	2.50
Seltas	1.75
7. Gravas sienosas o grava-arena-sieno (GM)	
Compactas	2.50
Medianamente compactas	2
Seltas	1.50
8. Arenas sienosas o arena-sieno (SM)	2
9. Gravas arcillosas o arenas arcillosas (GC-SC)	2
10. Suelos inorgánicos, sienos, arenas finas (ML-CL)	1
11. Arcillas inorgánicas plásticas, arenas diatomíceas, sienos elásticos (CH-MH)	1

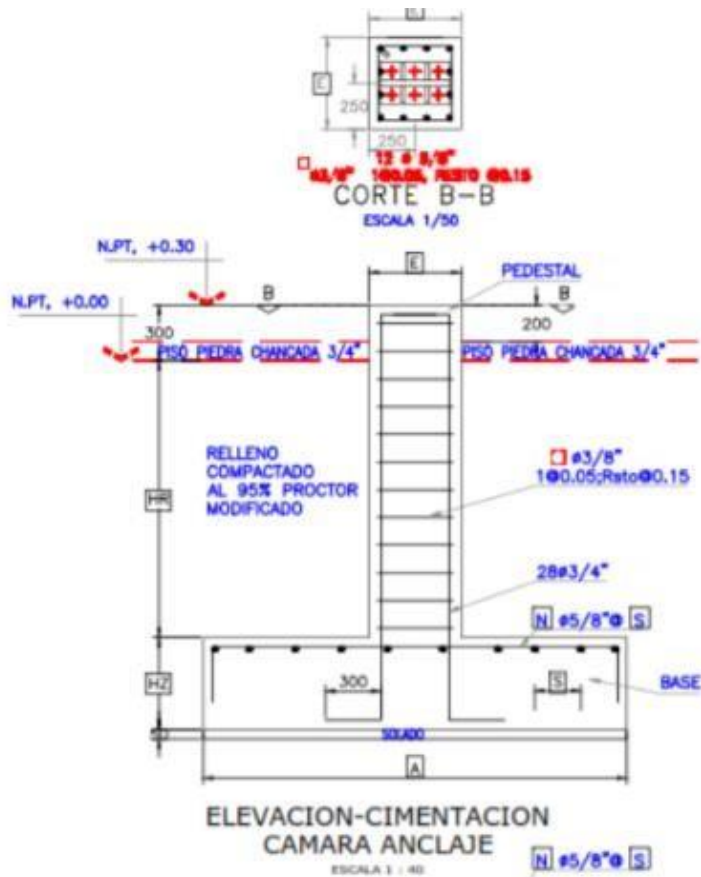
Fuente: Tomado de la *Diseño en concreto armado* (p. 320), por Harmsen T. E. , 2014.

Figura 14 Tipos de cimentación



Fuente: Tomado de la *Diseño en concreto armado* (p. 318), por Harmsen T. E. , 2014.

Figura 15 Cimentación o base de la torre de telecomunicaciones



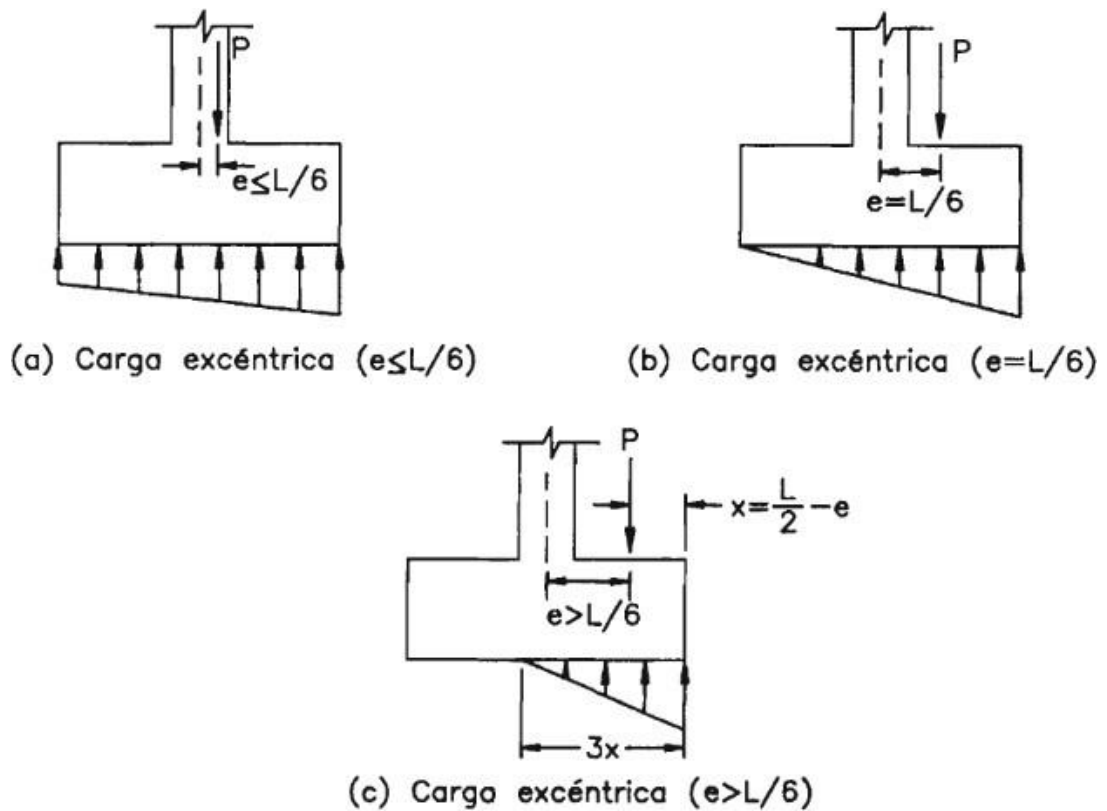
Fuente: Tomado de la *Diseño de una torre autoportada triangular de 60 metros portadora de antena* (p. 30), por Aguirre Mendoza, A. M. , 2017.

Cuando se tenga cargas excéntricas se debe considerar lo siguiente:

- Cuando la excentricidad es menor a $L/6$. Se produce una distribución a compresión trapezoidal donde se puede observar un esfuerzo máximo y mínimo.
- Cuando la excentricidad es igual a $L/6$. Se produce una distribución a compresión triangular donde se puede observar un esfuerzo máximo y el mínimo igual a 0 en el otro extremo.
- Cuando la excentricidad es mayor que $L/6$. Se produce una distribución a compresión triangular donde se puede observar un esfuerzo máximo y mínimo igual a cero, pero menor a una distancia intermedia su longitud.

Para una mayor comprensión a lo indicado anteriormente véase la **Figura 16** y **17**.

Figura 16 Reacción del terreno en función a la carga excéntrica



Fuente: Tomado de la *Diseño en concreto armado* (p. 322), por Harmsen T. E. , 2014.

Figura 17 Esfuerzo producido por la estructura

$$q_{1,2} = \frac{P}{SL} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right)$$

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Q_1, Q_2 : Presión en los extremos de la zapata.

P: Carga axial.

e: Excentricidad de la carga axial.

S: Dimensión perpendicular al sentido de análisis.

L: Disminución de la cimentación paralela a la dirección de análisis.

Cargas

Cargas muertas

Se incluye el peso de las torres tales como: horizontales, diagonales, montantes, placas de unión además de la tornillería. También deberá considerarse los elementos no estructurales, como:

- **Escalera de acceso.** Es un elemento permanente que sirve el acceso a cualquier altura de la torre.
- **Escalerilla de cables.** Es un elemento permanente que permite llevar los cables de alimentación que interconectan los equipos de la planta superior.
- **Plataforma de trabajo.** Están ubicadas en la parte superior de la torre y el diseño que posee rodea 360° a la estructura.
- **Antenas.** Para este grupo tenemos el tipo MW (microondas parabólicas) y la antena tipo RF (radio frecuencia).

Carga viva

Se deberá tener en cuenta aquellas como el peso de las personas que realizan trabajos de mantenimiento, inspección, etc. en las torres.

Cargas de viento

Las cargas debido a los vientos que afectan a las estructuras son las presiones y succiones exterior e interior. Las primeras mencionadas serán consideradas en simultáneo. Debe considerarse que la acción de los vientos tiene dirección horizontal y perpendicular entre sí.

Clasificación de las edificaciones

Son las siguientes:

- **Tipo 1.** Edificaciones poco susceptibles a ráfagas y efectos del viento así mismo se considera a los edificios de baja altura o esbeltos y edificaciones cerradas. Las coberturas pueden soportar cargas sin variar su geometría.
- **Tipo 2.** Edificaciones con cierta esbeltez que son susceptibles a ráfagas como por ejemplo tenemos a los paneles de anuncios, tanques elevados. De manera general poseen la dimensión menor en la dirección del viento

- **Tipo 3.** Son las edificaciones que representan problemas aerodinámicos como es el caso de los arcos, domos, cubiertas colgantes y chimeneas esbeltas. Sus valores de las presiones de diseño no serán menores que las edificaciones tipo 1.

Velocidad de diseño

La velocidad de diseño del viento hasta un valor de 10 m de altura le corresponderá la velocidad máxima según la zona de ubicación de la edificación y menor a 75 km/h. Para calcular la velocidad de los vientos usaremos la siguiente fórmula:

$$V_h = V(h/10)^{0,22} \quad \dots (I)$$

Donde:

V_h : velocidad de diseño en la altura h en Km/h
 V : velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h
 h : altura sobre el terreno en metros

Carga exterior de viento

Las cargas exteriores (succión o presión) que ejerce el viento se considera perpendicular y elástico sobre la superficie donde interactúa. Se deberá usar la siguiente expresión:

$$P_h = 0,005 C V_h^2$$

Donde:

P_h : presión o succión del viento a una altura h en Kg/m²
 C : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 4
 V_h : velocidad de diseño a la altura h , en Km/h, definida en el Artículo 12 (12.3)

Para los factores de carga se deberá tomar en cuenta la **Tabla 2** y para la V_h se deberá tener en cuenta la relación I.

Tabla 2 Factores de forma

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3-0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7-0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Fuente: Tomado de la *Norma de cargas E.0.20* (p. 5), por el comité de la norma E.020 , 2006.

Carga interior de viento

Para las cargas interiores como presiones o succión se usarán los valores de la Tabla 3.

Tabla 3 Factores de carga para determinar cargas adicionales en elementos de cierre

ABERTURAS		
Uniforme en lados a barlovento y sotavento	Principales en lado a barlovento	Principales en lado a sotavento o en los costados
±0,3	+0,8	-0,6

Fuente: Tomado de la *Norma de cargas E.0.20* (p. 5), por el comité de la norma E.020 , 2006.

Para las combinaciones de carga para diseños de esfuerzos admisibles se deberá tener en cuenta la **Tabla 4**.

Tabla 4 Combinaciones de carga

- (1) D
- (2) D + L
- (3) D + (W ó 0,70 E)
- (4) D + T
- (5) $\alpha [D + L + (W \text{ ó } 0,70 E)]$
- (6) $\alpha [D + L + T]$
- (7) $\alpha [D + (W \text{ ó } 0,70 E) + T]$
- (8) $\alpha [D + L + (W \text{ ó } 0,70 E) + T]$

Fuente: Tomado de la *Norma de cargas E.0.20* (p. 6), por el comité de la norma E.020 , 2006.

Además, tener en cuenta que el desplazamiento máximo relativo de entre piso, que producen las fuerzas del viento corresponde al 1% de la altura del piso.

La fuerza del viento de diseño sobre la estructura que se aplica a cada sección. Deberá tener en cuenta la siguiente relación:

$$F_{st} = q_z G_H [C_F A_E + \Sigma (C_A A_A)] \text{ (Ib) [N]} \quad \dots \text{ (II)}$$

Donde:

q_z = Presión de velocidad, (Pa)

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

C_F =Coeficiente de fuerza de la estructura.

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

C_A = Coeficiente de fuerza para accesorio lineal o puntual.

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

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

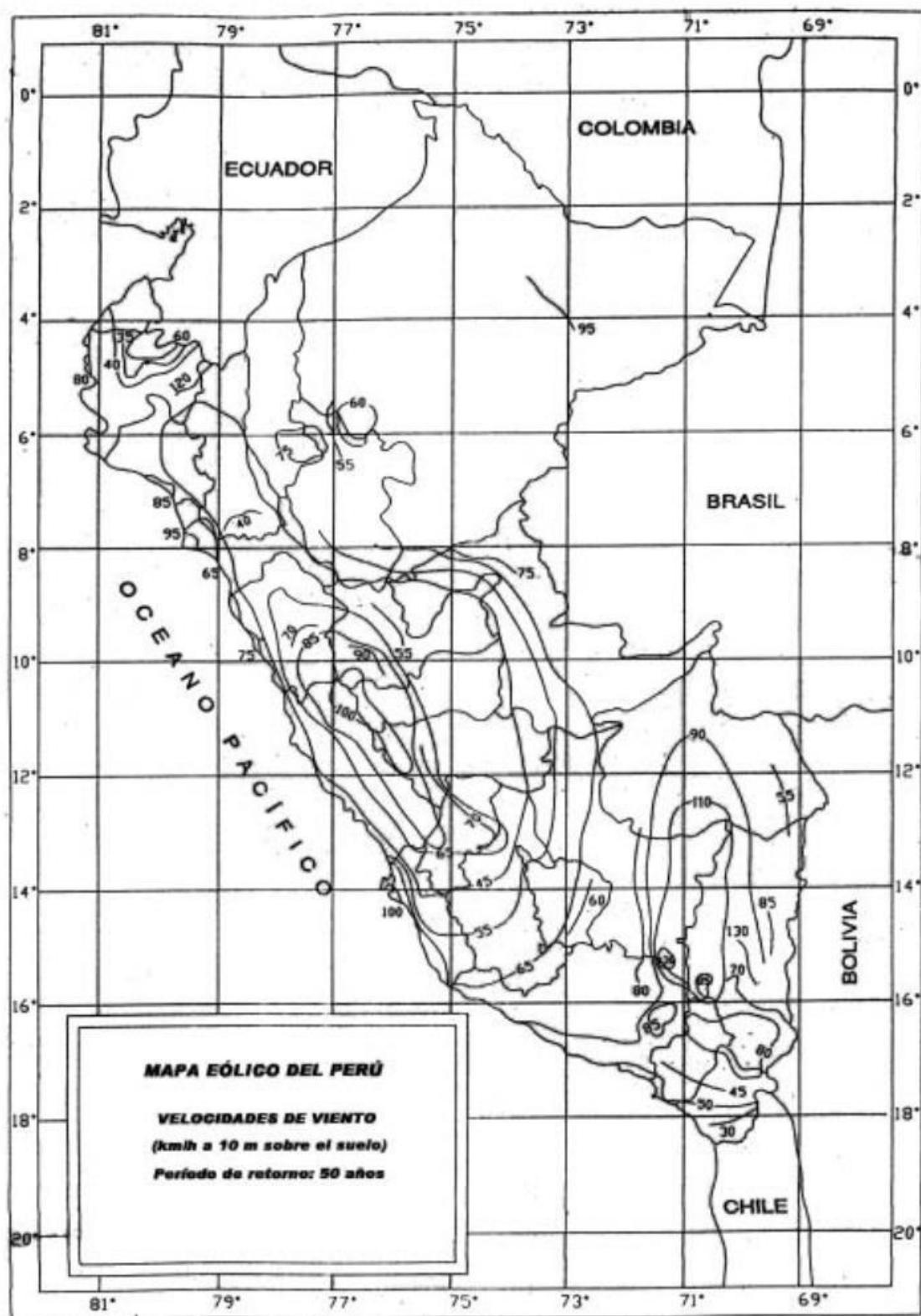
A_G =Área bruta de una cara de la torre, determinada como si la cara fuera maciza, (m²)

Mapa eólico del Perú

Según la **Figura 18**, nos ayuda a determinar las velocidades mínimas de los vientos en el lugar donde se ubicará la estructura; Además, se deberá tener en cuenta otras condiciones como es el caso de la topografía, el clima, etc.

También, en caso de haberse realizado un estudio confiable sobre los estudios relacionados con los vientos donde se llevará acabo la construcción de la estructura se pueden tomar en cuenta dichos resultados.

Figura 18 Mapa Eólico del Perú



Fuente: Tomado de la *Norma de cargas E.0.20* (p. 8), por el comité de la norma E.020 , 2006.

Las **definiciones de términos** son:

Cúpula

Es el soporte donde se ancla el cable de guardia, forma una viga de forma horizontal en el caso de los cables horizontales y piramidal para un solo cable de guardia.

Cruceta

El conductor de las torres se apoya en soportes o crucetas. Se deberá tener en cuenta para el diseño las relaciones que producen estos conductores sobre ella. La forma puede ser trapezoidales, triangulares, cuadrados, etc.

Cabeza

Se llama así a la parte de las crucetas, así como también la cúpula de la guardia. Conformado por una columna de celosía constante en distintos tramos y en el caso de las configuraciones tipo gato presentan dos brazos inclinados.

Cuerpo piramidal

Se considera así a la parte baja de la torre que transmite la carga hacia la cimentación y posee una forma cónica truncada. Respecto a la estabilidad de la estructura evita el vuelco de esta.

Patas de la torre

Es la última sección baja donde se ubican los puntos necesarios según la forma de la torre. Por ejemplo, si es cuadra posee 4 puntos de soporte, etc.

Extensiones de las patas

Las patas adicionales que se le pueda incluir a la torre dependerán de la topografía del terreno, entre otros casos.

Ángulos de anclaje

El ángulo de anclaje a la cimentación debe ser lo suficiente para resistir las fuerzas axiales de tracción y compresión según las indicaciones de la norma A.S.C.E (Sociedad Americana de Ingeniería Civil).

Concreto armado

Es un concreto estructural más aceros de refuerzo, según las consideraciones de la norma E.060 de Concreto Armado.

Cimentación

Se llaman así a los elementos estructurales que transmiten las cargas de los elementos verticales como las columnas o muros al terreno o suelo de fundación.

III. METODOLOGÍA

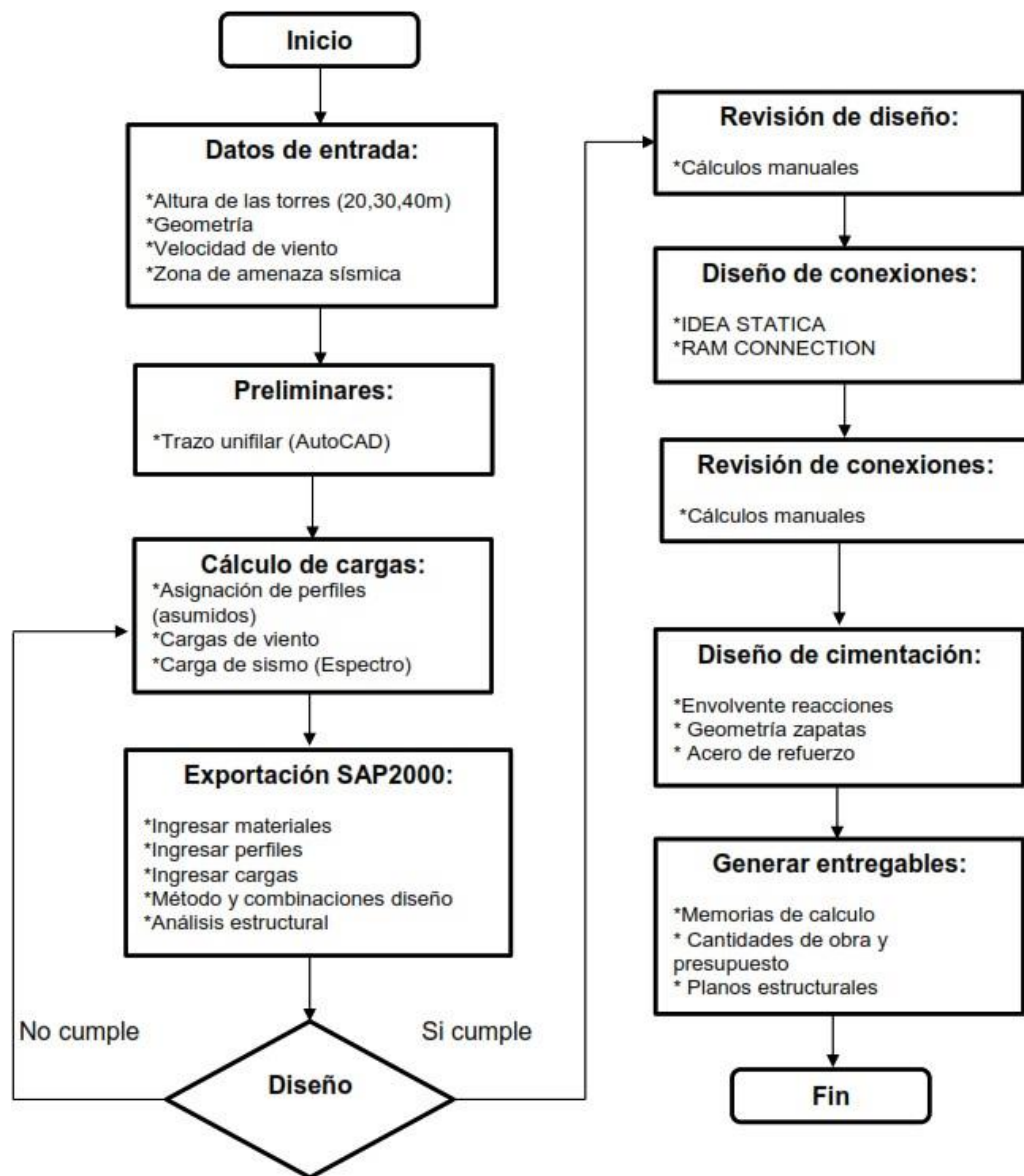
Dentro de la empresa Desarrollo de infraestructura de Telecomunicaciones Perú S.A.C cuyo RUC 20565906926. Las funciones del Bach. han sido las siguientes como asistente en el área de diseño estructural: obtener los factores de diseño, predimensionar los elementos estructurales, realizar la evaluación de la torre autoportada cuadrada de altura 24m considerando el método de esfuerzos admisibles (ASD), así como modelarlo en el programa MS- Tower, que es el más usado y de mayor confiabilidad en relación con las torres de telecomunicaciones.

Podemos resumir todo lo indicado en la **Figura 19** en lo siguiente:

- Trabajar el modelo en AutoCAD para realizar el esquema de la torre en 3D a través del comando LINE. Luego exportarlo al software SAP 2000. Además, en el análisis estructural se obtienen las deformaciones y los esfuerzos que actúan en la estructura.
- Se realizarán el análisis de viento que actúan sobre las torres y comparando los resultados con el análisis sísmico con el Software SAP 2000 y así determinar que cargas gobiernan la estructura.
- Obtener la relación demanda entre la capacidad que sea confiable.
- Generar la envolvente de cargas para poder determinar las fuerzas críticas con las que se diseñaran los elementos. Y también nos ayudará para diseñar la cimentación.
- Con los resultados obtenidos se procederá a realizar la memoria de cálculo para la torre autoportada cuadrada de 24 m de altura y su respectiva cimentación con el programa SAFE 2016.

Realizar el diseño de la cimentación usando el método de la resistencia última y modelarlo en el software Safe 2014. La metodología de trabajo se puede visualizar en la **Figura 19**:

Figura 19 Metodología del diseño para las torres de telecomunicaciones



Fuente: Elaboración propia

Aspectos éticos

Se tendrá en cuenta lo que indica la Oficina de Investigación Lima (UCV, 2016), menciona que: “El investigador debe tener el compromiso de exponer los resultados con veracidad, respecto por la propiedad intelectual, responsabilidad y ética” (p.12). Por tal motivo, se ha tenido un control exhaustivo de calidad en cada uno de los procesos para la elaboración de este trabajo de investigación y así evitar algún tipo de copia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alcances

Se realizó los cálculos para obtener el diseño estructural de la torre autoportada de 24 m de altura, que se usará para soportar las cargas de las antenas de telecomunicaciones. Como paso final se realizará el diseño de la cimentación.

Descripción de la estructura

La estructura constó de una estructura de sección constante con un tramo recto de 24m cuyas características generales son las siguientes:

- Numero de caras = 4
- Altura total= 24m
- Longitud de tramo recto=24m
- Ancho en la punta=0.85m
- Ancho de la base = 0.85m

Norma de diseño

Para el diseño y fabricación de la estructura se basó en Normas y Códigos Nacionales e Internacionales.

- Norma TIA/EIA 222 - F. "Structural Standards for steel antenna towers and antenna supporting structures"
- AWS D 1.1 "American Welding Society"
- AISC " American Institute of Steel Construction"
- E.0.30 Sismorresistente del RNE.

Materiales

Los materiales utilizados son los siguientes:

- Los perfiles que conforman la estructura de la torre son de acero ASTM A36, cuya resistencia a la fluencia es de 36 ksi (248Mpa) y acero ASTM A572 Gr. 50, cuya resistencia a la fluencia es de 50 ksi (348Mpa).

- Los perfiles usados en los elementos principales y secundarios de la estructura son perfiles angulares cuyas alas forman ángulo entre sí de 90°.
- ASTM A325, Fluencia del Acero=300Mpa, Fractura del acero=500Mpa, Acero para pernos de Conexión
- SAE1045, Fluencia del Acero=413Mpa, Fractura del acero=655Mpa, acero para pernos de anclaje
- E=205000Mpa, Modulo de elasticidad del acero

Metodología de análisis

La evaluación de la estructura se realizará considerando el Método de Esfuerzos Admisibles (ASD), bajo el supuesto de pequeñas deformaciones de modo que la estructura se comporte bajo la teoría elástica lineal.

El diseño estructural se realizará en el software MS-Tower el cual es un software especializado en el diseño de estructuras de telecomunicaciones.

$Comp_{cap} = \text{Esfuerzo de diseño } (F_a) \times \text{Área de la sección transversal}$

$$F_a = \left((1 - 0.5 \left[\frac{KL/r}{C_c} \right]^2) F_y \right) SI / SF_1 \quad KL/r < C_c$$

$$SF_1 = 5/3 + (3/8) \left[\frac{KL/r}{C_c} \right] - (1/8) \left[\frac{KL/r}{C_c} \right]^3$$

$$F_a = \left(\pi^2 E / (KL/r)^2 \right) SI / SF_2 \quad KL/r > C_c$$

$$SF_2 = 23/12$$

$$C_c = \pi \text{ raiz } (2 E / F_y)$$

$$SI = 1.33$$

Donde:

SI = Factor de incremento permisible, basado en la altura de la Estructura (1 hasta 1.5).

F_y = Esfuerzo de fluencia mínimo.

E = Módulo de elasticidad.

L = Longitud no arriostrada del elemento desde ambos puntos de conexión.

r = Radio de giro de la sección transversal.

K = Coeficiente de longitud efectiva del elemento.

Según las normas TIA/EIA - 222 – F (1996) establecen que: “Para estructuras de altura menores a 213m como en el presente caso, los esfuerzos permisibles obtenidos según el AISC pueden ser incrementados en 1/3, lo que se tendrá en cuenta al diseñar los elementos”.

Para la evaluación estructural se preparó el modelo matemático en el programa Ms Tower, con la geometría, características y propiedades requeridas para representar la estructura de la manera más real posible.

Cargas de antenas

Las dimensiones de las antenas que fueron consideradas en el diseño fueron:

06 Antenas RF, ubicado a 23.2m.
03 Antenas RF, ubicado a 23.2m

06 Antenas RRU, ubicado a 23.2m
03 Antenas RRU, ubicado a 23.2m

02 Antenas MW 1.20, ubicado a 22.00m
02 Antenas MW 1.20, ubicado a 16.70m
03 Antenas MW 0.60, ubicado a 15.50m
03 Antenas MW 0.60, ubicado a 14.25m

Los datos colocados el programa Ms Tower, fueron los siguientes:

TITL1 TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA 24 M
TITL2 DISEÑO MIMCO
UNITS 1
COMPONENT

END

PROFILE
FACES 4
WBASE 0.85
RLBAS 0.0

PANEL 1 HT 2.0 TW 0.85
FACE XH1 LEG 101 BR1 23 H1 31
PLAN PL2A TOP PB1 41 PB2 41 PB3 0 PB4 0

PANEL 2 HT 2.0
FACE XH1 LEG 101 BR1 23 H1 31

PANEL 3 HT 2.0
FACE XH1 LEG 101 BR1 23 H1 31
PLAN PL2A PB1 0 PB2 41 PB3 0 PB4 0 XIP

PANEL 4 HT 2.0
FACE XH1 LEG 104 BR1 23 H1 31

PANEL 5 HT 2.0
FACE XH1 LEG 104 BR1 23 H1 31

PANEL 6 HT 2.0
FACE XH1 LEG 105 BR1 23 H1 31
PLAN PL2A PB1 0 PB2 41 PB3 0 PB4 0 XIP

\$====FIN DE TRAMO RECTO====

PANEL 7 HT 3.0 TW 0.85
FACE XH1 LEG 108 BR1 24 H1 31
PLAN PL2A PB1 0 PB2 41 PB3 0 PB4 0 XIP

PANEL 8 HT 3.0
FACE XH1 LEG 109 BR1 25 H1 31
PLAN PL2A PB1 0 PB2 41 PB3 0 PB4 0 XIP

PANEL 9 HT 3.0
FACE XH1 LEG 111 BR1 25 H1 31
PLAN PL2A PB1 0 PB2 41 PB3 0 PB4 0 XIP

PANEL 10 HT 3.0
FACE XH1 LEG 111 BR1 26 H1 31
PLAN PL2A PB1 0 PB2 41 PB3 0 PB4 0 XIP

END

SECTIONS
LIBR P:IMP IFACT 1.0

\$1518 EA1.5X1.5X1/8 Y FY 248 BH 18

\$MONTANTE

\$=====

101	EA2x2x3/16	Y	FY	250
102	EA2.5x2.5x3/16	Y	FY	250
103	EA2.5X2.5X3/8	Y	FY	250
104	EA2.5x2.5x1/4	Y	FY	345
105	EA3x3x1/4	Y	FY	345
106	EA3x3x5/16	Y	FY	345
107	EA3x3x3/8	Y	FY	345
108	EA4x4x1/4	Y	FY	345
109	EA4x4x5/16	Y	FY	345
110	EA4x4x3/8	Y	FY	345
111	EA4x4x1/2	Y	FY	345
112	EA5x5x3/8	Y	FY	345
113	EA5x5x1/2	Y	FY	345
114	EA125x125x10	Y	FY	345
115	EA6X6X3/8	Y	FY	345
116	EA6X6X1/2	Y	FY	345
117	STA6X6X3/8	Y	FY	345

\$DIAGONAL

\$=====

20	EA1.5X1.5X1/8	Y	FY	250
21	EA1.5x1.5x3/16	Y	FY	250
22	EA1.5x1.5x1/4	Y	FY	250
23	EA2x2x3/16	Y	FY	250
24	EA2x2x1/4	Y	FY	250
25	EA2.5x2.5x3/16	Y	FY	250
26	EA2.5x2.5x1/4	Y	FY	250
27	EA2.5x2.5x5/16	Y	FY	250
28	EA3x3x1/4	Y	FY	250
29	EA3x3x5/16	Y	FY	250

\$HORIZONTAL

\$=====

30	EA1.5X1.5X1/8	Y	FY	250
31	EA1.5x1.5x3/16	Y	FY	250
32	EA2x2x3/16	Y	FY	250
33	EA2.5X2.5X3/16	Y	FY	250

\$TECHO

\$=====

41	EA1.5x1.5x3/16	Y	FY	250
42	EA2x2x3/16	Y	FY	250
43	EA2.5X2.5X3/16	Y	FY	250

\$REDUNDANTE

\$=====

51	EA1.5x1.5x3/16	Y	FY	250
52	EA2x2x3/16	Y	FY	250
53	EA2.5X2.5X3/16	Y	FY	250

\$HIP

\$=====

61	EA1.5x1.5x3/16	Y	FY	250
62	EA2x2x3/16	Y	FY	250
63	EA2.5X2.5X3/16	Y	FY	250

END

END

PARAMETERS
 ANGN 0.0 \$ Angle Anti-clockwise from X axis to North
 CODE EIA222 \$ WIND PROFILE TO THIS CODE
 ICE RO 0.0 RW 0.0 \$ For icing
 ALTOP 0 \$ SITE + TOWER HEIGHT for icing
 PSF-V 1.20 \$ Partial safety factor for wind speed, BS8100
 PSF-M 1.20 \$ Partial safety factor for Material strength,
 BS8100
 VB 27.7778 \$ ENTER SITE WINDSPEED HERE MEAN HOURLY, GUST or
 FASTEST MILE, adjusted for heig
 OVERLAP 1 \$ Allow for the overlap of members
 END

LOADS
 CASE 100 Weight of tower plus ancillaries
 DL
 \$ TODO - any additional NDLs go here

CASE 200 wind at 0 to X axis
 WL ANGLX 0.0 NOICE

CASE 220 wind at 45 to X axis
 WL ANGLX 30 NOICE

CASE 240 wind at 60 to X axis
 WL ANGLX 60 NOICE

CASE 260 wind at 90 to X axis
 WL ANGLX 90 NOICE

CASE 280 wind at 120 to X axis
 WL ANGLX 120 NOICE

CASE 300 wind at 135 to X axis
 WL ANGLX 150 NOICE



 ROLANDO HENRY
 GAMARRA BARREROS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 204585

CASE 320 wind at 180 to X axis
WL ANGLX 180 NOICE

CASE 340 wind at 225 to X axis
WL ANGLX 210 NOICE

CASE 360 wind at 240 to X axis
WL ANGLX 240 NOICE

CASE 380 wind at 270 to X axis
WL ANGLX 270 NOICE

CASE 400 wind at 300 to X axis
WL ANGLX 300 NOICE

CASE 420 wind at 315 to X axis
WL ANGLX 330 NOICE

CASE 500 Max. tower weight
COMBIN 100 1.400

CASE 520 CARGA: wind at 0 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 200 1.000

CASE 540 CARGA: wind at 45 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 220 1.000

CASE 560 CARGA: wind at 60 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 240 1.000

CASE 580 CARGA: wind at 90 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 260 1.000

CASE 600 CARGA: wind at 120 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 280 1.000

CASE 620 CARGA: wind at 135 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 300 1.000

CASE 640 CARGA: wind at 180 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 320 1.000

CASE 660 CARGA: wind at 225 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 340 1.000

CASE 680 CARGA: wind at 240 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 360 1.000

CASE 700 CARGA: wind at 270 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 380 1.000

CASE 720 CARGA: wind at 300 to X axis
COMBIN 100 1.200
COMBIN 400 1.000

CASE 740 CARGA: wind at 315 to X axis
 COMBIN 100 1.200
 COMBIN 420 1.000
 END

ANCILLARIES

LARGE LIBR P:ms Anc.LIB \$ use ANC.LIB if library is in DATA area

\$=====OPERADOR 1=====

\$MIMETIZADO

\$=====

MIM-1 XA 0 YA 0 ZA 20.70 LIB MIMET3.5MX3.3M ANG 0 FACT 1.0

\$ANTENAS MW

MO-1 XA 0.7 YA 0.7 ZA 22.0 LIB MW-120_INFRA_0 ANG 0 \$ D = 1.2 M
 MO-2 XA 0.7 YA -0.7 ZA 22.0 LIB MW-120_INFRA_0 ANG 0 \$ D = 1.2 M

\$ANTENAS RF

SECTOR-1A XA 0.85 YA 0.00 ZA 23.2 LIB RF1.45X0.30M_0 ANG 0
 SECTOR-1B XA 0.50 YA 0.87 ZA 23.2 LIB RF1.45X0.30M_0 ANG 300
 SECTOR-1C XA -0.50 YA 0.87 ZA 23.2 LIB RF1.45X0.30M_0 ANG 240
 SECTOR-1D XA -0.85 YA 0.00 ZA 23.2 LIB RF1.45X0.30M_0 ANG 180
 SECTOR-1E XA -0.50 YA -0.87 ZA 23.2 LIB RF1.45X0.30M_0 ANG 120
 SECTOR-1F XA 0.50 YA -0.87 ZA 23.2 LIB RF1.45X0.30M_0 ANG 60

\$ANTENAS RRU

SECTOR-2A XA 0.75 YA 0.00 ZA 23.2 LIB RRU0.49X0.30M_0 ANG 0
 SECTOR-2B XA 0.45 YA 0.78 ZA 23.2 LIB RRU0.49X0.30M_0 ANG 300
 SECTOR-2C XA -0.45 YA 0.78 ZA 23.2 LIB RRU0.49X0.30M_0 ANG 240
 SECTOR-2D XA -0.75 YA 0.00 ZA 23.2 LIB RRU0.49X0.30M_0 ANG 180
 SECTOR-2E XA -0.45 YA -0.78 ZA 23.2 LIB RRU0.49X0.30M_0 ANG 120
 SECTOR-2F XA 0.45 YA -0.78 ZA 23.2 LIB RRU0.49X0.30M_0 ANG 60

\$=====OPERADOR 2=====

\$MIMETIZADO

\$=====

MIM-2 XA 0 YA 0 ZA 15.70 LIB MIMET3.5MX3.3M ANG 0 FACT 1.0

\$ANTENAS MW


MO-3 XA 0.7 YA 0.7 ZA 16.7 LIB MW-120_INFRA_0 ANG 0 \$ D = 1.2 M
 MO-4 XA 0.7 YA -0.7 ZA 16.7 LIB MW-120_INFRA_0 ANG 0 \$ D = 1.2 M

\$ANTENAS RF

SECTOR-1G XA 0.85 YA 0.00 ZA 23.2 LIB RF1.45X0.30M_0 ANG 0
 SECTOR-1H XA 0.50 YA 0.87 ZA 23.2 LIB RF1.45X0.30M_0 ANG 300
 SECTOR-1I XA -0.50 YA 0.87 ZA 23.2 LIB RF1.45X0.30M_0 ANG 240

\$ANTENAS RRU

SECTOR-2G XA 0.75 YA 0.00 ZA 23.2 LIB RRU0.49X0.30M_0 ANG 0
 SECTOR-2H XA 0.45 YA 0.78 ZA 23.2 LIB RRU0.49X0.30M_0 ANG 300
 SECTOR-2I XA -0.45 YA 0.78 ZA 23.2 LIB RRU0.49X0.30M_0 ANG 240


 ROLANDO HENRY
 GAMARRA BARREROS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 204585

\$Plataforma

\$=====

PLATAF3 XA 0 YA 0 ZA 9.0 LIB PLATDESC1-N ANG 0 FACT 1.0

\$=====ANTENAS FUTURAS=====

MO-5 XA 0.7 YA 0.7 ZA 15.5 LIB MW-60_INFRA ANG 0 \$ D = 0.6 M
MO-6 XA 0.7 YA -0.7 ZA 15.5 LIB MW-60_INFRA ANG 0 \$ D = 0.6 M
MO-7 XA -0.7 YA 0.7 ZA 15.5 LIB MW-60_INFRA ANG 180 \$ D = 0.6 M
MO-8 XA 0.7 YA -0.7 ZA 14.25 LIB MW-60_INFRA ANG 0 \$ D = 0.6 M
MO-9 XA 0.7 YA -0.7 ZA 14.25 LIB MW-60_INFRA ANG 0 \$ D = 0.6 M
MO-10 XA -0.7 YA 0.7 ZA 14.25 LIB MW-60_INFRA ANG 180 \$ D = 0.6 M

LINEAR LIBR P:MS_LIN.LIB \$ use LIN.LIB if library in DATA area

LADDER1 XB 0.0 YB 0.0 ZB 0 XT 0.0 YT 0.0 ZT 24.00 LIB H-LADDER FACT 2 ANG 0

\$ Feeders on cable tray not entered as shrouded by cable tray.
\$ FDR-GRPn refers to a group of linear ancillaries.

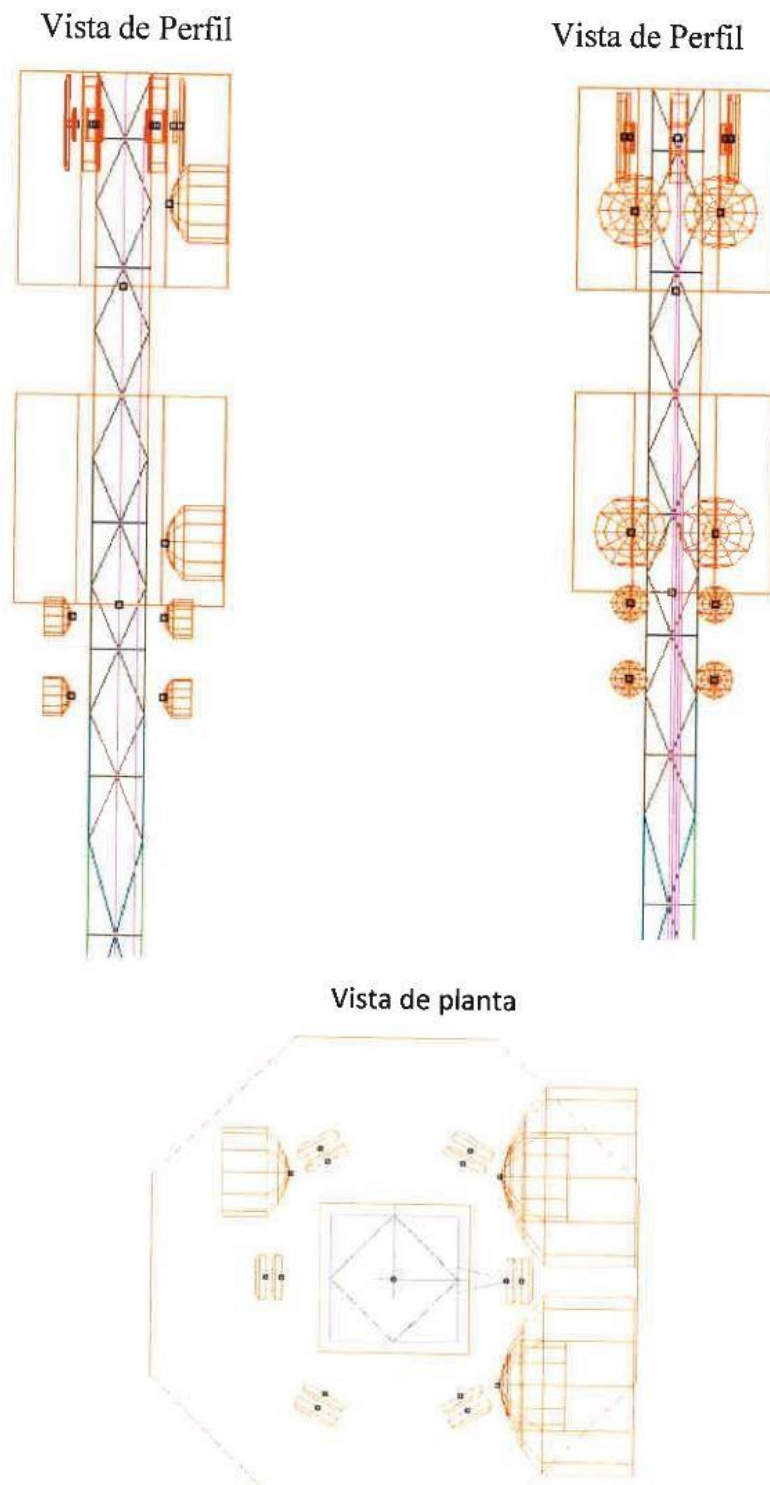
FDR-GRP1 XB 0.3 YB 0.05 ZB 0 XT 0.3 YT 0.05 ZT 22.0 LIB FDR10 FACT 2 ANG 0
FDR-GRP2 XB 0.3 YB 0.10 ZB 0 XT 0.3 YT 0.10 ZT 16.7 LIB FDR10 FACT 2 ANG 0
FDR-GRP3 XB 0.3 YB 0.15 ZB 0 XT 0.3 YT 0.15 ZT 17.5 LIB FDR10 FACT 3 ANG 0
FDR-GRP4 XB 0.3 YB 0.15 ZB 0 XT 0.3 YT 0.15 ZT 14.2 LIB FDR10 FACT 3 ANG 0

FDR-GRP5 XB 0.3 YB 0.05 ZB 0 XT 0.3 YT 0.05 ZT 23.2 LIB FDR10 FACT 6 ANG 0
FDR-GRP6 XB 0.3 YB 0.10 ZB 0 XT 0.3 YT 0.10 ZT 18.2 LIB FDR10 FACT 6 ANG 0

FDR-GRP8 XB 0.3 YB 0.05 ZB 0 XT 0.3 YT 0.05 ZT 23.2 LIB FDR10 FACT 6 ANG 0
FDR-GRP9 XB 0.3 YB 0.10 ZB 0 XT 0.3 YT 0.10 ZT 18.2 LIB FDR10 FACT 3 ANG 0

END
END

Figura 20 *Vistas principales de cargas en antenas en la estructura*

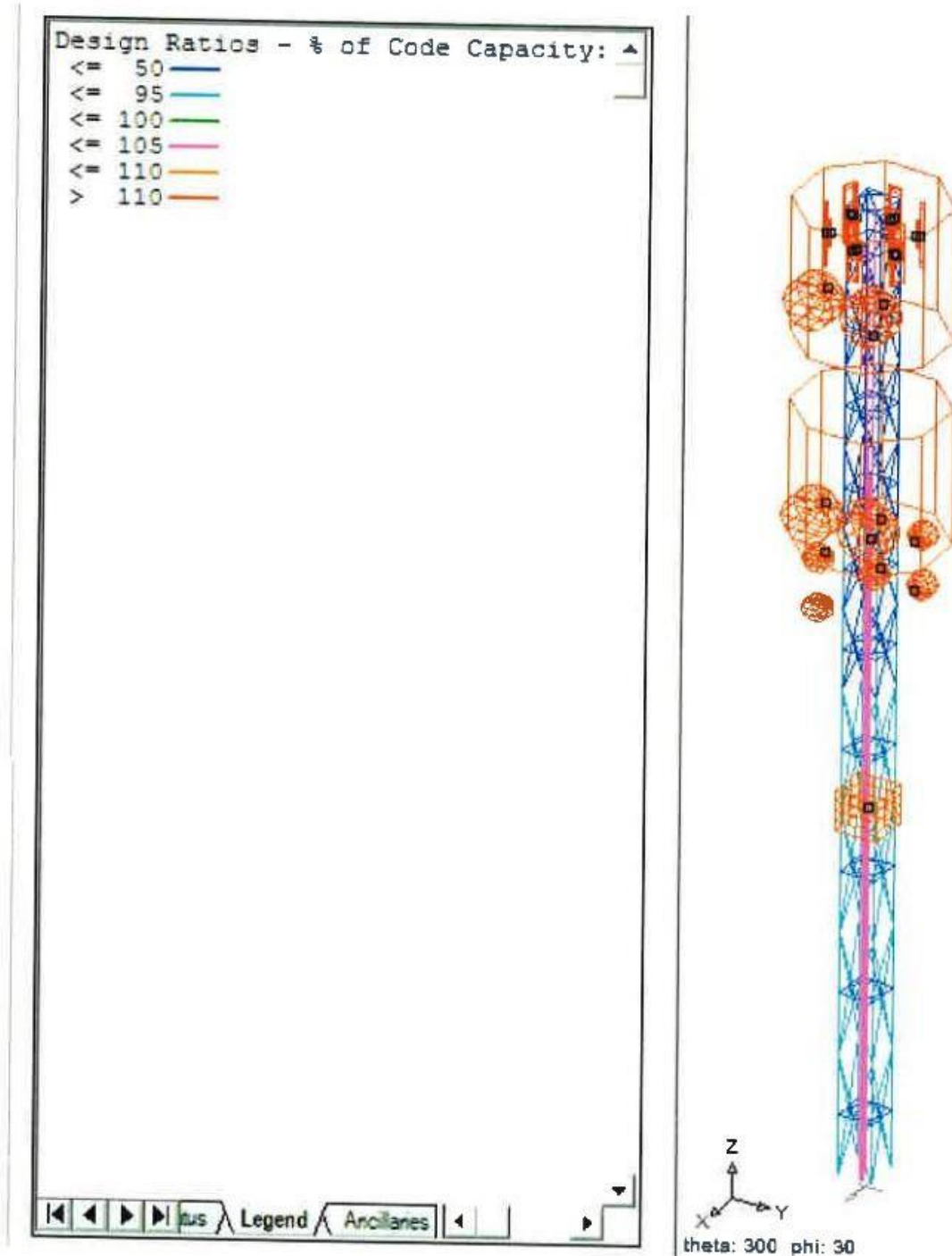


Fuente: Elaboración propia

Diseño de la torre

Diseño por supervivencia: Velocidad de viento de 100 km/h

Figura 21 Vista principal de las ratios de esfuerzos de la estructura



Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

MSTOWER V6 Member checking to EIA-222-F (140405)

Job: TAC 24M 100KPH_F - SECCION RECTA
Title: TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA 54 M
DISENO MIMCO
Date: 19-JUN-17 18:11:54

```
-- L O A D   C A S E S --  
Case   Y/N   Title  
100    N    WEIGHT OF TOWER PLUS ANCILLARIES  
200    N    WIND AT 0 TO X AXIS  
220    N    WIND AT 45 TO X AXIS  
240    N    WIND AT 60 TO X AXIS  
260    N    WIND AT 90 TO X AXIS  
280    N    WIND AT 120 TO X AXIS  
300    N    WIND AT 135 TO X AXIS  
320    N    WIND AT 180 TO X AXIS  
340    N    WIND AT 225 TO X AXIS  
360    N    WIND AT 240 TO X AXIS  
380    N    WIND AT 270 TO X AXIS  
400    N    WIND AT 300 TO X AXIS  
420    N    WIND AT 315 TO X AXIS  
500    Y    MAX. TOWER WEIGHT  
520    Y    CARGA: WIND AT 0 TO X AXIS  
540    Y    CARGA: WIND AT 45 TO X AXIS  
560    Y    CARGA: WIND AT 60 TO X AXIS  
580    Y    CARGA: WIND AT 90 TO X AXIS  
600    Y    CARGA: WIND AT 120 TO X AXIS  
620    Y    CARGA: WIND AT 135 TO X AXIS  
640    Y    CARGA: WIND AT 180 TO X AXIS  
660    Y    CARGA: WIND AT 225 TO X AXIS  
680    Y    CARGA: WIND AT 240 TO X AXIS  
700    Y    CARGA: WIND AT 270 TO X AXIS  
720    Y    CARGA: WIND AT 300 TO X AXIS  
740    Y    CARGA: WIND AT 315 TO X AXIS
```

Y = Cases to be checked
N = Not Used

Report Units:
Dims., lengths, areas ... mm, mm²
Forces kN
StressesN/mm² (MPa)

Allowable stresses to EIA-222-F. Overstress factor for WL: 1.330

Safety factor for guys: 2.000

Symbols:

- fy = yield stress
- nb = no. bolts in end connection.
- C = Section 5.7 sub-clause used for KL/r.
- KL/r = Section 5.7.4 slenderness ratio. $x/y/v$ =buckling axis.
- P = Axial force in member, kN, c=compression
- f = Axial stress in member, MPa.
- F = Allowable stress, MPa.
- * = Stress ratio > 1.0
- # = Exceeds code slenderness limits.

Note:

- * Members are checked for axial force only; additional member checks are required if members are subject to significant bending moments.
- * Buckling restraints assume fully triangulated bracing patterns; additional checks of member capacity and buckling restraints may be required if non-triangulated bracing is used.
- * Members are not checked for manloads or maintenance loads.


 ROLANDO HENRY
 GAMARRA BARREROS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 204066

Pnl	Members	Typ Size	fy	nb	Case	Compression			Tension			Bolts									
						P	f	C KL/r	F	f/F	Case	P	f	F	f/F	Case	P	Grade	Type	Cap	P/Cap
1	1-	2 LEG EA2X2X3/16	250	2	500	2	4	4	100v	90	0.048	600	0	0	200	0.002	-	-	-	-	-
1	21-	22 LEG EA2X2X3/16	250	2	500	4	9	4	100v	90	0.095	680	0	0	200	0.002	-	-	-	-	-
1	41-	42 LEG EA2X2X3/16	250	2	500	3	6	4	100v	90	0.068	740	0	1	200	0.003	-	-	-	-	-
1	61-	62 LEG EA2X2X3/16	250	2	500	1	2	4	100v	90	0.021	540	0	1	200	0.003	-	-	-	-	-
1	5-	6 XBR EA2X2X3/16	250	2	680	1	2	10	132y	78	0.026	560	1	2	200	0.009	-	-	-	-	-
1	7-	8 XBR EA2X2X3/16	250	2	600	1	2	10	132y	78	0.026	720	1	2	200	0.010	-	-	-	-	-
1	25-	26 XBR EA2X2X3/16	250	2	740	1	2	10	132y	78	0.030	620	1	2	200	0.009	-	-	-	-	-
1	27-	28 XBR EA2X2X3/16	250	2	660	1	2	10	132y	78	0.030	540	1	2	200	0.008	-	-	-	-	-
1	45-	46 XBR EA2X2X3/16	250	2	560	1	2	10	132y	78	0.031	680	1	2	200	0.008	-	-	-	-	-
1	47-	48 XBR EA2X2X3/16	250	2	720	1	2	10	132y	78	0.032	600	1	2	200	0.008	-	-	-	-	-
1	65-	66 XBR EA2X2X3/16	250	2	620	1	2	10	132y	78	0.028	740	1	2	200	0.009	-	-	-	-	-
1	67-	68 XBR EA2X2X3/16	250	2	540	1	2	10	132y	78	0.028	660	1	2	200	0.010	-	-	-	-	-
1	3-	4 HOR EA1.5X1.5X3/16	250	2	680	0	0	11	57v	163	0.001	720	0	0	200	0.001	-	-	-	-	-
1	23-	24 HOR EA1.5X1.5X3/16	250	2	660	0	0	11	57v	163	0.001	620	0	0	200	0.001	-	-	-	-	-
1	43-	44 HOR EA1.5X1.5X3/16	250	2	720	0	0	11	57v	163	0.001	680	0	0	200	0.001	-	-	-	-	-
1	63-	64 HOR EA1.5X1.5X3/16	250	2	620	0	0	11	57v	163	0.001	660	0	0	200	0.001	-	-	-	-	-
1	69-	72 HOR EA1.5X1.5X3/16	250	1	520	0	1	7	97x	123	0.007	640	0	1	200	0.003	-	-	-	-	-
1	73-	76 HOR EA1.5X1.5X3/16	250	1	580	0	1	7	97x	123	0.006	700	0	1	200	0.004	-	-	-	-	-
1	77-	80 HOR EA1.5X1.5X3/16	250	1	620	0	1	7	97x	123	0.005	740	0	1	200	0.004	-	-	-	-	-
1	81-	84 HOR EA1.5X1.5X3/16	250	1	700	0	1	7	97x	123	0.006	580	0	1	200	0.004	-	-	-	-	-
1	85-	86 PBR EA1.5X1.5X3/16	250	1	740	0	0	11	81v	140	0.001	620	0	0	200	0.001	-	-	-	-	-
1	87-	88 PBR EA1.5X1.5X3/16	250	1	540	0	0	11	81v	140	0.001	660	0	0	200	0.001	-	-	-	-	-
1	89-	90 PBR EA1.5X1.5X3/16	250	1	600	0	0	11	81v	140	0.001	720	0	0	200	0.001	-	-	-	-	-

1	91-	92	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	680	0	0	11	81v	140	0.001	560	0	0	200	0.001	
2	101-	102	LEG	EA2X2X3/16	250	2	620	7	16	4	100v	119	0.130	740	1	2	200	0.012	
2	121-	122	LEG	EA2X2X3/16	250	2	660	9	19	4	100v	119	0.160	-	-	-	-	-	
2	141-	142	LEG	EA2X2X3/16	250	2	500	10	22	4	100v	90	0.242	600	1	3	200	0.016	
2	161-	162	LEG	EA2X2X3/16	250	2	500	8	17	4	100v	90	0.195	680	3	7	200	0.034	
2	105-	106	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	8	17	6	111v	105	0.163	580	7	16	200	0.081	
2	107-	108	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	8	17	6	111v	105	0.162	700	7	16	200	0.081	
2	125-	126	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	8	17	6	111v	105	0.161	640	7	16	200	0.081	
2	127-	128	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	8	17	6	111v	105	0.159	520	8	16	200	0.082	
2	145-	146	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	8	17	6	111v	105	0.157	700	8	17	200	0.083	
2	147-	148	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	8	17	6	111v	105	0.158	580	8	16	200	0.083	
2	165-	166	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	8	17	6	111v	105	0.158	520	8	16	200	0.082	
2	167-	168	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	8	17	6	111v	105	0.160	640	7	16	200	0.081	
2	103-	104	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	700	2	7	11	57v	163	0.043	700	3	7	200	0.037	
2	123-	124	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	520	2	7	11	57v	163	0.043	520	3	8	200	0.038	
2	143-	144	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	700	2	7	11	57v	163	0.043	700	3	8	200	0.038	
2	163-	164	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	520	2	7	11	57v	163	0.043	520	3	7	200	0.037	
3	201-	202	LEG	EA2X2X3/16	250	2	600	21	45	4	100v	119	0.376	720	18	39	200	0.196	
3	221-	222	LEG	EA2X2X3/16	250	2	680	22	48	4	100v	119	0.405	560	16	35	200	0.178	
3	241-	242	LEG	EA2X2X3/16	250	2	740	27	59	4	100v	119	0.497	620	11	24	200	0.119	
3	261-	262	LEG	EA2X2X3/16	250	2	540	26	56	4	100v	119	0.468	660	13	27	200	0.137	
3	205-	206	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	9	19	6	111v	105	0.182	580	9	19	200	0.095	
3	207-	208	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	9	19	6	111v	105	0.181	700	9	19	200	0.095	
3	225-	226	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	9	20	6	111v	105	0.193	640	8	18	200	0.092	
3	227-	228	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	9	20	6	111v	105	0.191	520	9	19	200	0.093	
3	245-	246	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	10	21	6	111v	105	0.199	700	8	18	200	0.090	
3	247-	248	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	10	21	6	111v	105	0.200	580	8	18	200	0.090	
3	265-	266	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	9	20	6	111v	105	0.188	520	9	19	200	0.094	
3	267-	268	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	9	20	6	111v	105	0.190	640	9	18	200	0.093	
3	203-	204	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	680	0	1	11	57v	163	0.006	680	0	1	200	0.005	
3	223-	224	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	740	0	1	11	57v	163	0.007	740	0	1	200	0.006	
3	243-	244	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	740	0	1	11	57v	163	0.007	740	0	1	200	0.006	
3	263-	264	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	540	0	1	11	57v	163	0.007	540	0	1	200	0.006	
3	285-	286	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	740	0	0	11	81v	140	0.004	620	0	1	200	0.003	
3	287-	288	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	540	0	1	11	81v	140	0.004	660	0	1	200	0.004	
3	289-	290	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	600	0	1	11	81v	140	0.005	720	0	1	200	0.007	
3	291-	292	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	680	0	1	11	81v	140	0.005	560	0	1	200	0.006	
4	301-	302	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	620	46	62	4	80v	174	0.354	740	41	55	275	0.200	
4	321-	322	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	660	48	64	4	80v	174	0.367	540	40	53	275	0.191	
4	341-	342	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	720	53	71	4	80v	174	0.405	600	34	45	275	0.165	
4	361-	362	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	560	51	68	4	80v	174	0.391	680	36	48	275	0.173	
4	305-	306	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	11	23	6	111v	105	0.217	580	10	22	200	0.109	


 ROLANDO HENRY
 GAMARRA BARREROS
 INGENIERO CIVIL
 Plan MSP Nº 57464

4	307-	308	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	11	23	6	111v	105 0.216	700	10	22	200 0.109	-	-	-
4	325-	326	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	11	23	6	111v	105 0.216	640	10	22	200 0.111	-	-	-
4	327-	328	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	10	22	6	111v	105 0.213	520	10	22	200 0.112	-	-	-
4	345-	346	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	10	22	6	111v	105 0.212	700	10	23	200 0.114	-	-	-
4	347-	348	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	10	22	6	111v	105 0.212	580	10	23	200 0.113	-	-	-
4	365-	366	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	10	22	6	111v	105 0.213	520	10	22	200 0.112	-	-	-
4	367-	368	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	10	23	6	111v	105 0.215	640	10	22	200 0.110	-	-	-
4	303-	304	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	740	1	3	11	57v	163 0.016	660	1	3	200 0.015	-	-	-
4	323-	324	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	560	1	2	11	57v	163 0.014	720	1	3	200 0.017	-	-	-
4	343-	344	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	720	1	2	11	57v	163 0.014	740	1	3	200 0.017	-	-	-
4	363-	364	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	720	1	2	11	57v	163 0.015	560	1	3	200 0.016	-	-	-
5	401-	402	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	620	72	96	4	80v	174 0.553	740	69	92	275 0.335	-	-	-
5	421-	422	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	660	74	99	4	80v	174 0.569	540	67	90	275 0.327	-	-	-
5	441-	442	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	720	86	114	4	80v	174 0.655	600	56	75	275 0.272	-	-	-
5	461-	462	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	2	560	84	112	4	80v	174 0.640	680	58	78	275 0.282	-	-	-
5	405-	406	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	18	39	6	111v	105 0.366	580	18	38	200 0.192	-	-	-
5	407-	408	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	18	38	6	111v	105 0.364	700	18	38	200 0.192	-	-	-
5	425-	426	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	19	40	6	111v	105 0.382	640	17	37	200 0.187	-	-	-
5	445-	446	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	18	40	6	111v	105 0.377	520	17	38	200 0.190	-	-	-
5	447-	448	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	18	40	6	111v	105 0.380	700	17	36	200 0.180	-	-	-
5	465-	466	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	18	39	6	111v	105 0.380	580	17	36	200 0.179	-	-	-
5	467-	468	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	18	40	6	111v	105 0.370	520	17	38	200 0.186	-	-	-
5	403-	404	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	740	2	5	11	57v	163 0.028	620	2	5	200 0.025	-	-	-
5	423-	424	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	560	2	5	11	57v	163 0.028	720	2	6	200 0.030	-	-	-
5	443-	444	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	660	1	4	11	57v	163 0.023	540	2	6	200 0.028	-	-	-
5	463-	464	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	720	2	4	11	57v	163 0.027	560	2	6	200 0.028	-	-	-
6	501-	502	LEG	EA3X3X1/4	345	2	620	116	125	4	62v	206 0.608	740	111	119	275 0.433	-	-	-
6	521-	522	LEG	EA3X3X1/4	345	2	680	118	127	4	62v	206 0.617	540	109	117	275 0.425	-	-	-
6	541-	542	LEG	EA3X3X1/4	345	2	740	129	139	4	62v	206 0.677	620	97	105	275 0.380	-	-	-
6	561-	562	LEG	EA3X3X1/4	345	2	540	127	137	4	62v	206 0.667	660	99	107	275 0.387	-	-	-
6	505-	506	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	21	45	6	111v	105 0.425	580	20	43	200 0.217	-	-	-
6	507-	508	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	21	44	6	111v	105 0.422	700	20	44	200 0.219	-	-	-
6	525-	526	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	21	46	6	111v	105 0.436	640	20	44	200 0.222	-	-	-
6	527-	528	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	21	45	6	111v	105 0.430	520	20	44	200 0.219	-	-	-
6	545-	546	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	21	45	6	111v	105 0.425	700	20	43	200 0.215	-	-	-
6	547-	548	XBR	EA2X2X3/16	250	2	700	21	45	6	111v	105 0.424	580	20	43	200 0.215	-	-	-
6	565-	566	XBR	EA2X2X3/16	250	2	640	21	45	6	111v	105 0.456	520	21	45	200 0.223	-	-	-
6	567-	568	XBR	EA2X2X3/16	250	2	520	21	46	6	111v	105 0.436	640	20	44	200 0.218	-	-	-
6	503-	504	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	740	3	8	11	57v	163 0.051	660	3	9	200 0.044	-	-	-
6	523-	524	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	560	3	8	11	57v	163 0.048	720	3	10	200 0.048	-	-	-
6	543-	544	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	660	2	7	11	57v	163 0.044	740	3	10	200 0.049	-	-	-
6	563-	564	HOR	EAL.5X1.5X3/16	250	2	720	3	8	11	57v	163 0.049	560	3	9	200 0.047	-	-	-

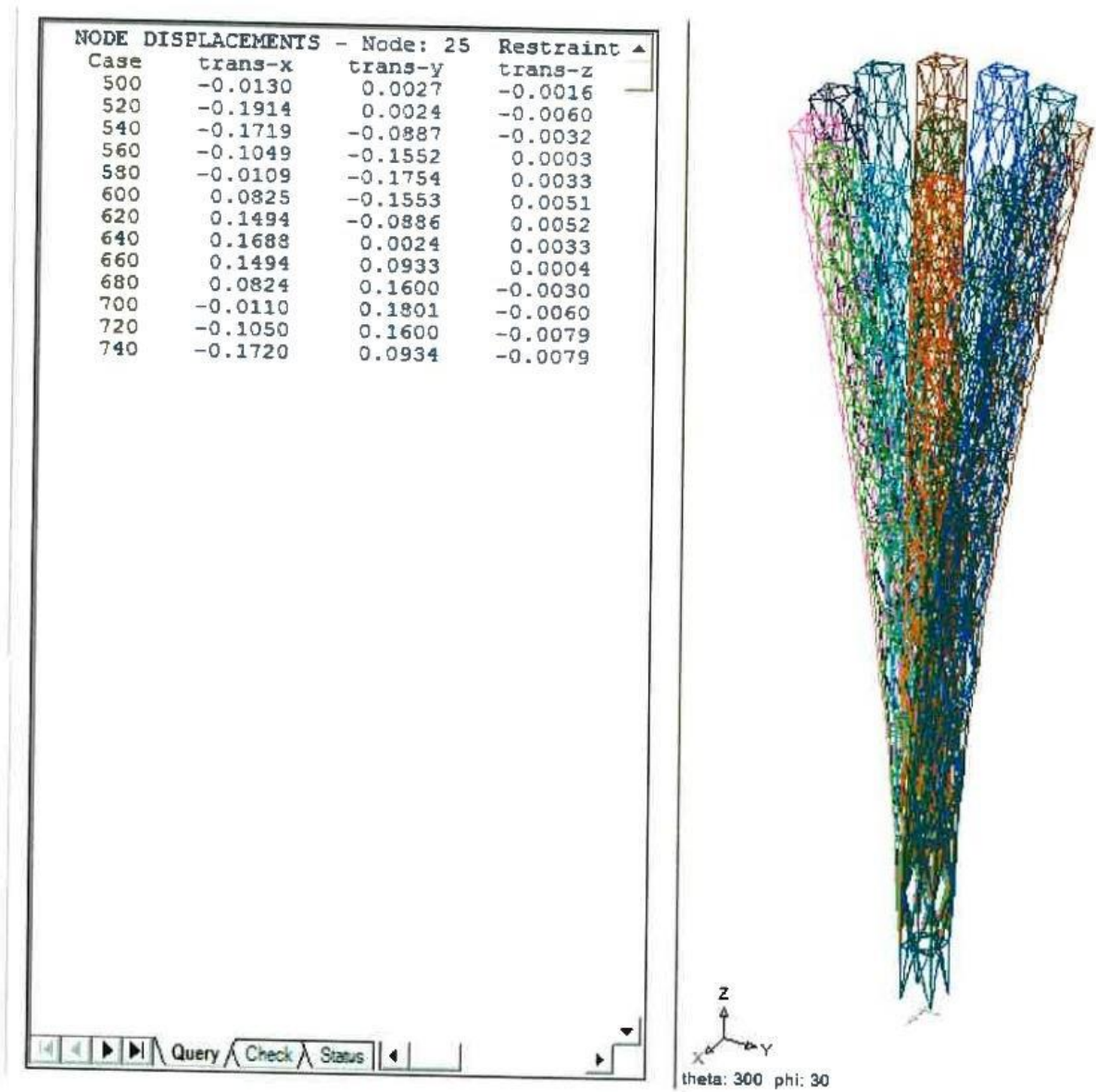

ROLANDO HENRY
GAMARRA BARREROS
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 204585

6	585-	586	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	740	1	2	11	81V	140 0.012	620	1	2	200 0.009
6	587-	588	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	540	1	2	11	81V	140 0.013	660	1	2	200 0.010
6	589-	590	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	600	1	2	11	81V	140 0.015	720	1	3	200 0.013
6	591-	592	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	680	1	2	11	81V	140 0.014	560	1	2	200 0.013
7	601-	602	LEG	EA4X4X1/4	345	2	620	168	135	4	75V	165 0.816	740	162	129	275 0.469
7	621-	622	LEG	EA4X4X1/4	345	2	660	170	136	4	75V	165 0.824	540	160	128	275 0.464
7	641-	642	LEG	EA4X4X1/4	345	2	740	181	144	4	75V	165 0.875	620	149	119	275 0.434
7	661-	662	LEG	EA4X4X1/4	345	2	540	179	143	4	75V	165 0.866	660	151	121	275 0.439
7	605-	606	XBR	EA2X2X1/4	250	2	680	33	54	10	143V	67 0.812	560	32	53	200 0.267
7	607-	608	XBR	EA2X2X1/4	250	2	600	33	54	10	143V	67 0.813	720	32	53	200 0.266
7	625-	626	XBR	EA2X2X1/4	250	2	740	34	57	10	143V	67 0.849	620	32	53	200 0.268
7	627-	628	XBR	EA2X2X1/4	250	2	660	34	56	10	143V	67 0.835	540	32	54	200 0.268
7	645-	646	XBR	EA2X2X1/4	250	2	560	33	56	10	143V	67 0.832	680	31	51	200 0.258
7	647-	648	XBR	EA2X2X1/4	250	2	720	34	56	10	143V	67 0.838	600	31	51	200 0.257
7	665-	666	XBR	EA2X2X1/4	250	2	620	33	55	10	143V	67 0.826	740	32	54	200 0.271
7	667-	668	XBR	EA2X2X1/4	250	2	540	34	57	10	143V	67 0.847	660	32	53	200 0.267
7	603-	604	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	740	4	13	11	57V	163 0.080	660	5	14	200 0.069
7	623-	624	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	560	4	13	11	57V	163 0.077	720	5	14	200 0.072
7	643-	644	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	660	4	12	11	57V	163 0.074	740	5	15	200 0.074
7	663-	664	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	720	4	13	11	57V	163 0.078	560	5	14	200 0.072
7	685-	686	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	740	1	2	11	81V	140 0.014	620	1	2	200 0.010
7	687-	688	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	540	1	2	11	81V	140 0.014	560	1	2	200 0.011
7	689-	690	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	600	1	2	11	81V	140 0.015	720	1	2	200 0.012
7	691-	692	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	680	1	2	11	81V	140 0.015	560	1	2	200 0.012
8	701-	702	LEG	EA4X4X5/16	345	2	620	237	155	4	75V	183 0.843	740	227	148	275 0.539
8	721-	722	LEG	EA4X4X5/16	345	2	660	239	156	4	75V	183 0.850	540	225	147	275 0.534
8	741-	742	LEG	EA4X4X5/16	345	2	740	249	163	4	75V	183 0.888	620	214	140	275 0.509
8	761-	762	LEG	EA4X4X5/16	345	2	540	247	162	4	75V	183 0.881	660	216	141	275 0.514
8	705-	706	XBR	EA2.5X2.5X3/16	250	2	680	40	69	10	123V	91 0.758	560	39	66	200 0.333
8	707-	708	XBR	EA2.5X2.5X3/16	250	2	600	40	69	10	123V	91 0.759	720	38	66	200 0.333
8	725-	726	XBR	EA2.5X2.5X3/16	250	2	740	41	71	10	123V	91 0.779	620	39	67	200 0.334
8	727-	728	XBR	EA2.5X2.5X3/16	250	2	660	40	70	10	123V	91 0.769	540	39	67	200 0.335
8	745-	746	XBR	EA2.5X2.5X3/16	250	2	560	40	69	10	123V	91 0.767	680	38	65	200 0.327
8	747-	748	XBR	EA2.5X2.5X3/16	250	2	720	40	70	10	123V	91 0.771	600	38	65	200 0.326
8	765-	766	XBR	EA2.5X2.5X3/16	250	2	620	40	69	10	123V	91 0.763	740	39	67	200 0.337
8	767-	768	XBR	EA2.5X2.5X3/16	250	2	540	41	70	10	123V	91 0.778	660	39	67	200 0.334
8	703-	704	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	740	5	16	11	57V	163 0.096	660	6	16	200 0.083
8	723-	724	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	560	5	15	11	57V	163 0.093	720	6	17	200 0.085
8	743-	744	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	660	5	15	11	57V	163 0.090	740	6	17	200 0.087
8	763-	764	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	720	5	15	11	57V	163 0.094	560	6	17	200 0.085
8	785-	786	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	740	1	3	11	81V	140 0.020	620	1	3	200 0.015
8	787-	788	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	540	1	3	11	81V	140 0.021	660	1	3	200 0.016
8	789-	790	PBR	EA1.5X1.5X3/16	250	1	600	1	3	11	81V	140 0.022	720	1	4	200 0.018


ROLANDO HENRY
GAMARRA BARBEROS
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 204895

Diseño por operación: Velocidad de viento de 75 km/h

Figura 22 Vista de los desplazamientos en la parte superior de la torre



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Factor demanda capacidad en componentes estructurales de la torre.

Panel	Montante		
	Perfil	Material	Ratios
1	EA2X2X3/16	A-36	0.1
2	EA2X2X3/16	A-36	0.244
3	EA2X2X3/16	A-36	0.496
4	EA2.5X2.5X1/4	A-572	0.408
5	EA2.5X2.5X1/4	A-572	0.655
6	EA3X3X1/4	A-572	0.675
7	EA4X4X1/4	A-572	0.873
8	EA4X4X5/16	A-572	0.891
9	EA4X4X1/2	A-572	0.797
10	EA4X4X1/2	A-572	0.918

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Desplazamiento máximo en la parte superior de la torre

H (m)	24
X (m)	0.1914
Y (m)	-0.1754
Total (m)	0.1914
Deflexión (°)	0.46

Fuente: Elaboración propia

ENVELOPE OF TOWER ROTATIONS (Degrees about global axes, 3 node plane)

Pt	Height	LC	X-Rot	LC	Y_Rot	LC	Z-Rot
1	24.00	700	0.6374	520	0.6850	700	0.0081
2	22.00	700	0.6365	520	0.6860	700	0.0081
3	20.00	700	0.6309	520	0.6797	700	0.0081
4	18.00	700	0.6066	520	0.6505	700	0.0081
5	16.00	700	0.5748	520	0.6154	700	0.0081
6	14.00	700	0.5237	520	0.5557	700	0.0079
7	12.00	700	0.4582	520	0.4832	700	0.0071
8	9.00	700	0.3532	520	0.3701	700	0.0053
9	6.00	700	0.2332	520	0.2431	700	0.0033
10	3.00	700	0.1254	520	0.1303	700	0.0014

Cálculo de las reacciones en la base:

Cargas de servicio:

Centroid of supports: 0.000 0.000 0.000								Reg. CIP N° 204595
SUPPORT REACTIONS (Applied to tower)								
Case	Node	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	
500	903	-0.302	0.221	11.536	0.042	0.045	0.000	
	907	-0.354	-0.221	14.256	-0.051	0.055	-0.001	
	927	0.354	-0.435	26.287	-0.095	-0.093	0.000	
	947	0.302	0.435	23.566	0.087	-0.083	0.001	
	Resultant	0.000	0.000	75.645	2.295	10.149	0.000	at centroid
520	903	9.405	-6.306	-333.023	-1.027	0.144	0.003	
	907	9.322	6.345	-330.676	1.015	0.149	-0.003	
	927	9.929	-6.907	365.427	-1.141	0.022	-0.003	
	947	9.923	6.868	363.111	1.138	0.034	0.003	
	Resultant	38.579	0.000	64.838	1.967	592.051	0.066	at centroid
540	903	5.194	-0.698	-123.925	-0.973	0.679	0.004	
	907	11.656	10.580	-467.704	0.845	-0.391	-0.002	
	927	5.691	-1.325	156.358	-1.084	0.553	-0.004	
	947	12.283	11.077	500.109	0.969	-0.501	0.002	
	Resultant	34.824	19.634	64.838	-292.443	530.782	0.110	at centroid
560	903	-0.824	5.312	130.085	-0.620	1.029	0.004	
	907	10.441	11.749	-466.768	0.409	-0.824	0.000	
	927	-0.328	4.683	-97.626	-0.732	0.902	-0.004	
	947	11.071	12.245	499.148	0.533	-0.934	0.000	
	Resultant	20.360	33.989	64.838	-507.701	313.909	0.113	at centroid
580	903	-6.640	9.718	347.612	-0.067	1.087	0.003	
	907	6.056	9.325	-324.736	-0.150	-1.002	0.002	
	927	-6.152	9.083	-315.138	-0.179	0.960	-0.003	
	947	6.692	9.814	357.100	-0.026	-1.111	-0.002	
	Resultant	-0.044	37.939	64.838	-571.871	8.045	0.125	at centroid
600	903	-10.948	12.156	488.306	0.483	0.915	0.001	
	907	0.249	4.991	-108.947	-0.702	-0.948	0.003	
	927	-10.528	11.452	-455.831	0.379	0.780	-0.001	
	947	0.954	5.412	141.311	-0.570	-1.049	-0.003	
	Resultant	-20.272	34.011	64.838	-508.028	-295.201	0.241	at centroid
620	903	-12.179	10.948	488.773	0.922	0.477	-0.001	
	907	-5.746	-1.055	145.352	-1.051	-0.594	0.003	

	927	-11.704	10.299	-456.313	0.812	0.348	0.000	
	947	-5.097	-0.579	-112.974	-0.925	-0.702	-0.003	
	Resultant	-34.725	19.612	64.838	-292.116	-511.921	0.147	at centroid
640	903	-9.857	6.709	351.927	1.093	-0.063	-0.002	
	907	-9.945	-6.666	354.243	-1.105	-0.059	0.002	
	927	-9.338	6.104	-319.492	0.979	-0.186	0.002	
	947	-9.339	-6.147	-321.839	-0.982	-0.172	-0.002	
	Resultant	-38.479	0.000	64.838	1.967	-573.168	0.073	at centroid
660	903	-5.659	1.097	143.034	1.039	-0.598	-0.003	
	907	-12.266	-10.905	491.091	-0.933	0.480	0.000	
	927	-5.095	0.537	-110.629	0.922	-0.715	0.003	
	947	-11.706	-10.341	-458.658	-0.815	0.362	0.000	
	Resultant	-34.725	-19.612	64.838	296.050	-511.921	-0.004	at centroid
680	903	0.332	-4.954	-111.271	0.691	-0.952	-0.003	
	907	-11.030	-12.119	490.630	-0.494	0.919	-0.002	
	927	0.961	-5.449	143.651	0.566	-1.062	0.003	
	947	-10.535	-11.490	-458.171	-0.382	0.792	0.002	
	Resultant	-20.272	-34.011	64.838	511.962	-295.201	-0.114	at centroid
700	903	6.065	-9.361	-327.068	0.146	-1.015	-0.002	
	907	-6.649	-9.754	349.944	0.064	1.099	-0.003	
	927	6.773	-9.778	359.432	0.014	-1.115	0.002	
	947	-6.233	-9.046	-317.470	0.168	0.964	0.003	
	Resultant	-0.044	-37.939	64.838	575.806	8.045	-0.248	at centroid
720	903	10.520	-11.714	-469.108	-0.420	-0.829	0.000	
	907	-0.903	-5.278	132.424	0.609	1.033	-0.004	
	927	11.081	-12.279	501.471	-0.537	-0.946	0.000	
	947	-0.339	-4.718	-99.950	0.729	0.914	0.004	
	Resultant	20.360	-33.989	64.838	511.635	313.909	0.004	at centroid
740	903	11.739	-10.542	-470.049	-0.857	-0.395	0.001	
	907	5.111	0.736	-121.580	0.961	0.683	-0.004	
	927	12.290	-11.116	502.427	-0.972	-0.513	-0.001	
	947	5.685	1.287	154.040	1.081	0.565	0.004	
	Resultant	34.824	-19.634	64.838	296.377	530.782	0.020	at centroid

Diseño de la cimentación

De acuerdo con el EMS, el terreno de fundación está conformado por una grava limosa medianamente densa (GM de la clasificación SUCS). La capacidad portante para una losa de cimentación cuadrada (3.50mx3.50m y 2.00m de profundidad de desplante) es de 2.06 kg/cm². No Existe presencia de nivel freático.

Propiedades mecánicas de los materiales

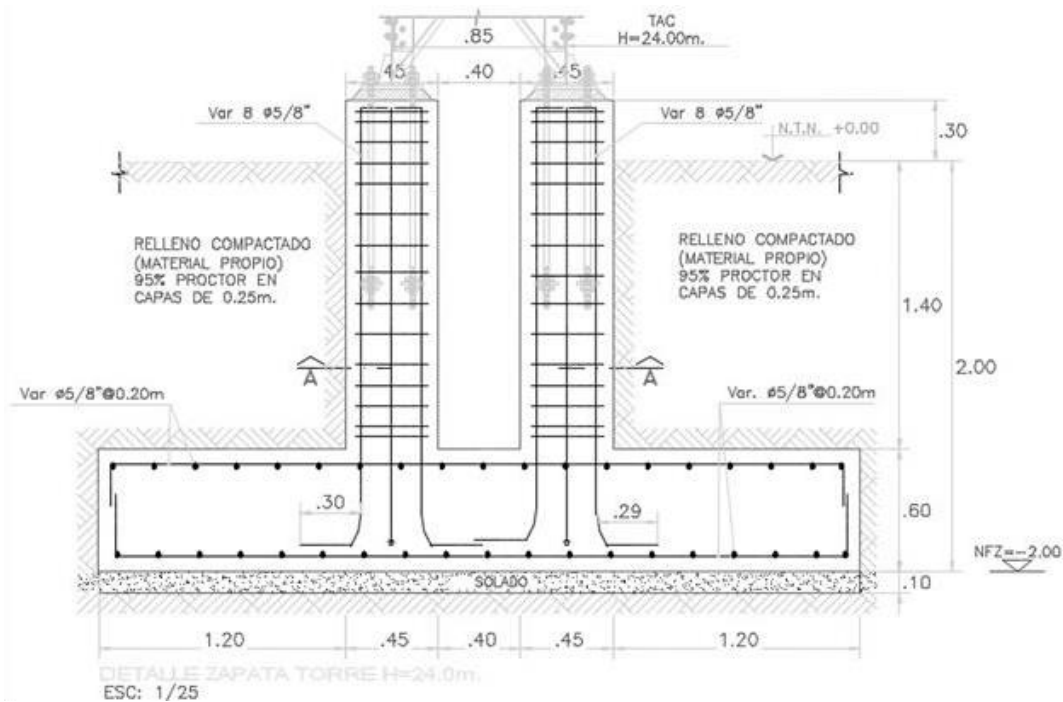
- Resistencia a la fluencia del Acero Grado 60 $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
- Resistencia a la compresión del Concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Módulo de Elasticidad $E_c = 2.20 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
- Relación de Poisson del concreto: $\nu = 0.20$
- Peso del relleno sobre la zapata $\gamma_s = 1600 \text{ Kg/m}^3$. (relleno compactado)
- Peso volumétrico del concreto armado $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$.

Predimensionamiento de los elementos estructurales

La subestructura de la torre consiste en una losa de cimentación cuadrada que sirve de soporte y estabilidad a la estructura metálica. Se considerarán las siguientes dimensiones preliminares:

- Dimensiones en planta :3.70m x3.70m
- Espesor de zapata : 0.60m
- Sección de pedestal : 0.45m x 0.45m
- Altura total de pedestal : 1.70m
- Altura de relleno : 1.40m

Figura 23 Dimensiones de losa de cimentación y pedestal - Elevación



Fuente: Elaboración propia

Cargas aplicadas

A continuación, se muestran las fuerzas contra la cimentación y de las cámaras de anclaje expresadas en Tn (para unidades de fuerza) y Tn-m (para unidades de momento). Estas fuerzas han sido tomadas de las reacciones en la base de los montantes de la estructura metálica y de las cámaras de anclaje (con signo cambiado). Las cargas de viento han sido calculadas a una velocidad de 100kph.

Tabla 7 Cargas de viento según 100 kph

Case	Estado de carga	Node	FX (tn)	FY (tn)	FZ (tn)	MX (tn-m)	MY (tn-m)	MZ (tn-m)
500	Peso Propio mas accesorios (D)	903	0.0308	-0.0225	-1.1759	-0.0043	-0.0046	0.0000
		907	0.0361	0.0225	-1.4532	0.0052	-0.0056	0.0001
		927	-0.0361	0.0443	-2.6796	0.0097	0.0095	0.0000
		947	-0.0308	-0.0443	-2.4022	-0.0089	0.0085	-0.0001
520	D + Viento a 0°	903	-0.9587	0.6428	33.9473	0.1047	-0.0147	-0.0003
		907	-0.9503	-0.6468	33.7081	-0.1035	-0.0152	0.0003
		927	-1.0121	0.7041	-37.2505	0.1163	-0.0022	0.0003
		947	-1.0115	-0.7001	-37.0144	-0.1160	-0.0035	-0.0003
540	D + Viento a 30°	903	-0.5295	0.0712	12.6325	0.0992	-0.0692	-0.0004
		907	-1.1882	-1.0785	47.6762	-0.0861	0.0399	0.0002
		927	-0.5801	0.1351	-15.9386	0.1105	-0.0564	0.0004
		947	-1.2521	-1.1292	-50.9795	-0.0988	0.0511	-0.0002
560	D + Viento a 60°	903	0.0840	-0.5415	-13.2604	0.0632	-0.1049	-0.0004
		907	-1.0643	-1.1977	47.5808	-0.0417	0.0840	0.0000
		927	0.0334	-0.4774	9.9517	0.0746	-0.0919	0.0004
		947	-1.1285	-1.2482	-50.8815	-0.0543	0.0952	0.0000
580	D + Viento a 90°	903	0.6769	-0.9906	-35.4345	0.0068	-0.1108	-0.0003
		907	-0.6173	-0.9506	33.1025	0.0153	0.1021	-0.0002
		927	0.6271	-0.9259	32.1242	0.0182	-0.0979	0.0003
		947	-0.6822	-1.0004	-36.4016	0.0027	0.1133	0.0002
600	D + Viento a 120°	903	1.1160	-1.2391	-49.7764	-0.0492	-0.0933	-0.0001
		907	-0.0254	-0.5088	11.1057	0.0716	0.0966	-0.0003
		927	1.0732	-1.1674	46.4660	-0.0386	-0.0795	0.0001
		947	-0.0972	-0.5517	-14.4048	0.0581	0.1069	0.0003
620	D + Viento a 135°	903	1.2415	-1.1160	-49.8240	-0.0940	-0.0486	0.0001
		907	0.5857	0.1075	-14.8167	0.1071	0.0606	-0.0003
		927	1.1931	-1.0498	46.5151	-0.0828	-0.0355	0.0000
		947	0.5196	0.0590	11.5162	0.0943	0.0716	0.0003
640	D + Viento a 180°	903	1.0048	-0.6839	-35.8743	-0.1114	0.0064	0.0002
		907	1.0138	0.6795	-36.1104	0.1126	0.0060	-0.0002
		927	0.9519	-0.6222	32.5680	-0.0998	0.0190	-0.0002
		947	0.9520	0.6266	32.8072	0.1001	0.0175	0.0002
660	D + Viento a 225°	903	0.5769	-0.1118	-14.5804	-0.1059	0.0610	0.0003
		907	1.2504	1.1116	-50.0602	0.0951	-0.0489	0.0000
		927	0.5194	-0.0547	11.2772	-0.0940	0.0729	-0.0003
		947	1.1933	1.0541	46.7541	0.0831	-0.0369	0.0000
680	D + Viento a 240°	903	-0.0338	0.5050	11.3426	-0.0704	0.0970	0.0003
		907	1.1244	1.2354	-50.0133	0.0504	-0.0937	0.0002
		927	-0.0980	0.5555	-14.6433	-0.0577	0.1083	-0.0003
		947	1.0739	1.1713	46.7045	0.0389	-0.0807	-0.0002
700	D + Viento a 270°	903	-0.6182	0.9542	33.3403	-0.0149	0.1035	0.0002
		907	0.6778	0.9943	-35.6722	-0.0065	-0.1120	0.0003
		927	-0.6904	0.9967	-36.6393	-0.0014	0.1137	-0.0002
		947	0.6354	0.9221	32.3619	-0.0171	-0.0983	-0.0003
720	D + Viento a 300°	903	-1.0724	1.1941	47.8194	0.0428	0.0845	0.0000
		907	0.0920	0.5380	-13.4989	-0.0621	-0.1053	0.0004
		927	-1.1296	1.2517	-51.1183	0.0547	0.0964	0.0000
		947	0.0346	0.4809	10.1886	-0.0743	-0.0932	-0.0004
740	D + Viento a 315°	903	-1.1966	1.0746	47.9153	0.0874	0.0403	-0.0001
		907	-0.5210	-0.0750	12.3935	-0.0980	-0.0696	0.0004
		927	-1.2528	1.1331	-51.2158	0.0991	0.0523	0.0001
		947	-0.5795	-0.1312	-15.7023	-0.1102	-0.0576	-0.0004

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se trasladarán las cargas al centro de la torre, con la finalidad de evaluar los factores de seguridad al volcamiento, generados por cargas eólicas.

Tabla 8 Reacciones aplicadas Sobre la Cimentación trasladadas al centroide de la Cimentación

Reacciones aplicadas Sobre la Cimentación trasladadas al centroide de la Cimentación								
Case	Estado de carga	Node	FX (tn)	FY (tn)	FZ (tn)	MX (tn-m)	MY (tn-m)	MZ (tn-m)
500	Peso Propio mas accesorios (D)	903	0.0000	0.0000	-7.7110	-0.2340	-1.0347	0.0000
		907						
		927						
		947						
520	D + Viento a 0°	903	-3.9326	0.0000	-6.6095	-0.2005	-60.3517	0.0000
		907						
		927						
		947						
540	D + Viento a 30°	903	-3.5498	-2.0014	-6.6094	29.8107	-54.1061	0.0000
		907						
		927						
		947						
560	D + Viento a 60°	903	-2.0754	-3.4647	-6.6095	51.7535	-31.9990	0.0000
		907						
		927						
		947						
580	D + Viento a 90°	903	0.0045	-3.8675	-6.6094	58.2947	-0.8201	0.0000
		907						
		927						
		947						
600	D + Viento a 120°	903	2.0666	-3.4670	-6.6095	51.7867	30.0918	0.0000
		907						
		927						
		947						
620	D + Viento a 135°	903	3.5399	-1.9993	-6.6094	29.7773	52.1836	0.0001
		907						
		927						
		947						
640	D + Viento a 180°	903	3.9224	0.0000	-6.6095	-0.2005	58.4269	0.0000
		907						
		927						
		947						
660	D + Viento a 225°	903	3.5399	1.9992	-6.6094	-30.1783	52.1836	0.0000
		907						
		927						
		947						
680	D + Viento a 240°	903	2.0665	3.4671	-6.6095	-52.1879	30.0919	0.0000
		907						
		927						
		947						
700	D + Viento a 270°	903	0.0045	3.8674	-6.6094	-58.6958	-0.8200	0.0000
		907						
		927						
		947						
720	D + Viento a 300°	903	-2.0753	3.4647	-6.6093	-52.1545	-31.9989	0.0000
		907						
		927						
		947						
740	D + Viento a 315°	903	-3.5499	2.0015	-6.6094	-30.2117	-54.1061	0.0000
		907						
		927						
		947						

Fuente: Elaboración propia

En el presente informe se han realizado las siguientes verificaciones:

- Verificación por flexo-compresión y flexo-tracción del pedestal
- Verificación de la longitud de desarrollo del acero de refuerzo del pedestal, embebido en la cimentación.
- Verificación de los esfuerzos transmitidos al terreno
- Verificación de los factores de seguridad frente al volteo y al arranque.
- Verificación por flexión de las zapatas proyectadas (no se verificará debido a que no se ha detectado acero de refuerzo).
- Verificación por cortante de las zapatas proyectadas.
- Verificación por punzonamiento de las zapatas proyectadas.

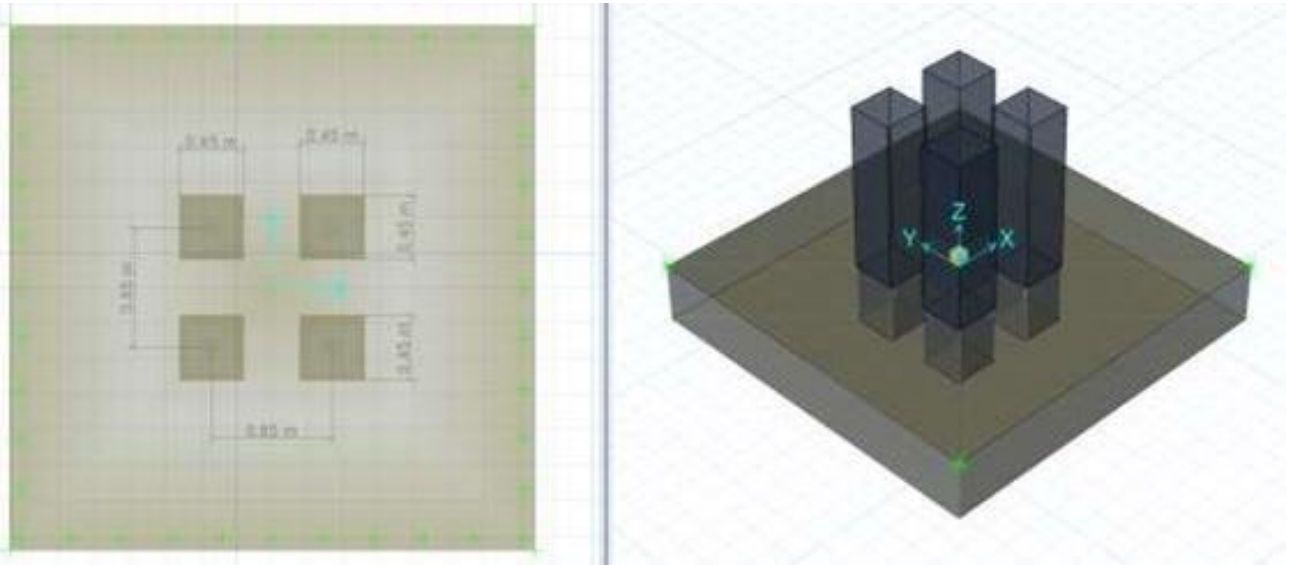
En la presente evaluación se verificará la estabilidad al volteo originado por las cargas laterales de viento, y la capacidad portante del terreno originada por la fuerza de compresión (peso propio de la cimentación, peso del relleno, peso propio de la cimentación, peso del pedestal y la carga de compresión inducida por el viento).

Se considerará un factor de seguridad frente al volteo de 1.50. No se ha tomado en cuenta el aporte al momento resistente de la reacción lateral pasiva del terreno.

La cimentación ha sido modelada mediante elementos finitos tipo cáscara de espesor grueso (Thick shell) que son una combinación de elementos tipo membrana (resisten solo cargas en su plano) y elementos tipo lamina (resisten solo cargas fuera de su plano). Se ha incluido la deformación por corte mediante la formulación de Mindlin/Reissner del elemento finito de la losa.

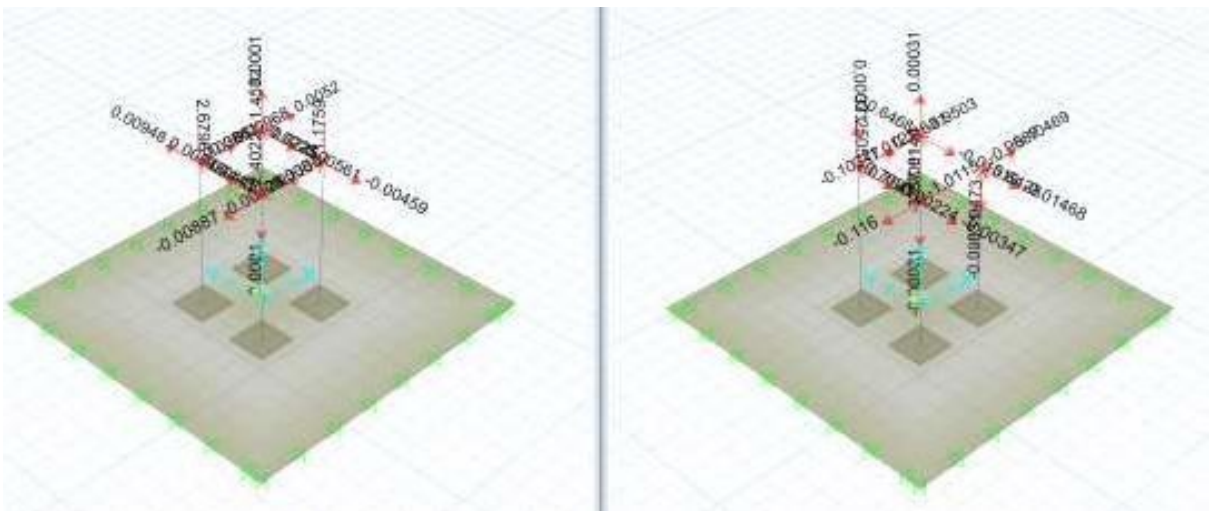
Con respecto al material, se supone que es continuo e isotrópico. En relación a las condiciones de soporte se ha considerado la flexibilidad del suelo mediante resortes verticales cuya rigidez se ha determinado utilizando conservadoramente un coeficiente de balasto de 2.0 kg/cm³.

Figura 24 Modelo de la zapata de la torre en el programa SAFE



Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Carga Muerta y Carga de Viento a 0°

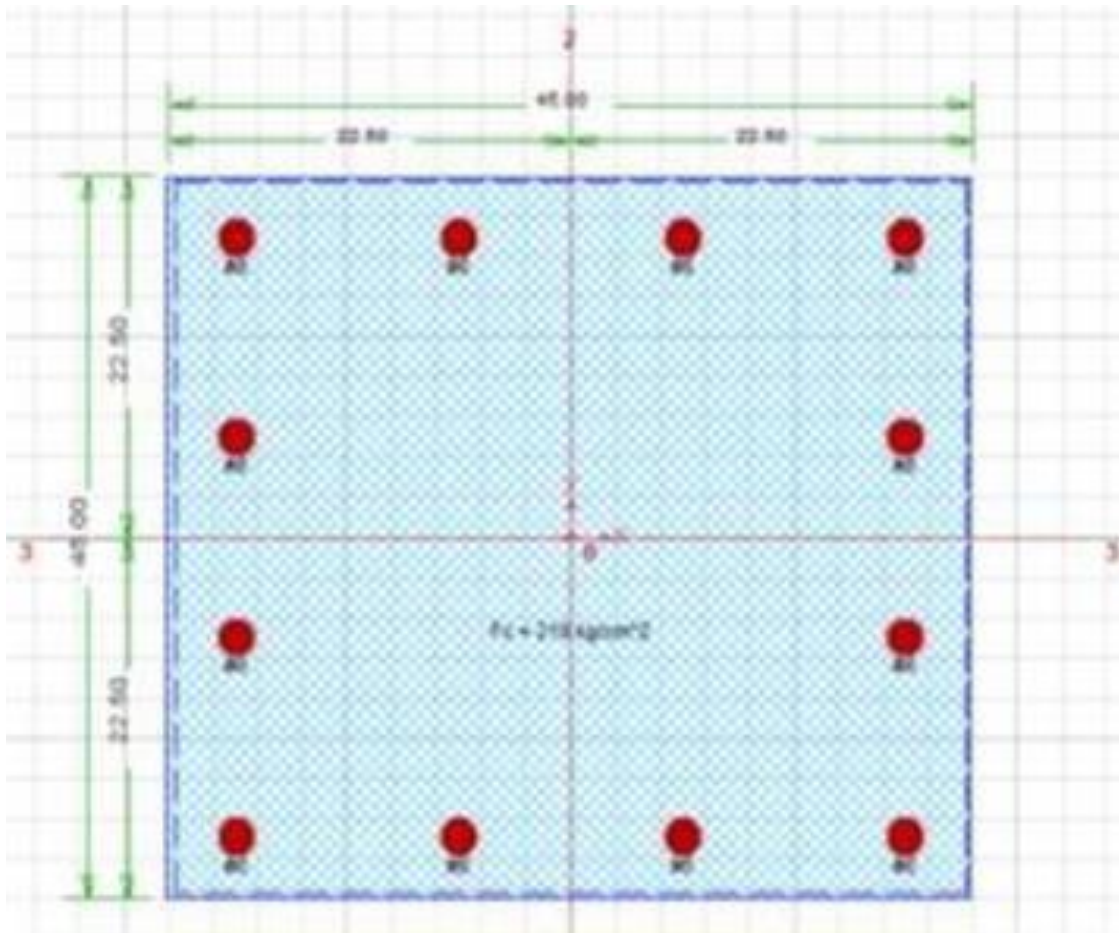


Fuente: Elaboración propia

Diseño de columna

Se verificará la resistencia del pedestal de 0.45mx0.45m para las condiciones de flexo- compresión. Para ello, se construirá la superficie de interacción de la sección transversal de la columna, considerando un acero de refuerzo de 12Ø5/8" ($p = 24.00\text{cm}^2 / (45\text{cm} \times 45\text{cm}) = 0.012 > p_{\text{mín}} = 0.01$).

Figura 26 Sección Transversal del pedestal



Fuente: Elaboración propia

- a)** Para el caso de flexo-compresión: (Carga muerta + carga eólica a 315°)
- Para el caso de la condición de máxima carga axial y máximo momento flector uniaxial, se tiene las siguientes cargas:

$$P_u = 1.25x(51.22tn + 0.83tn) = 65.06 tn$$

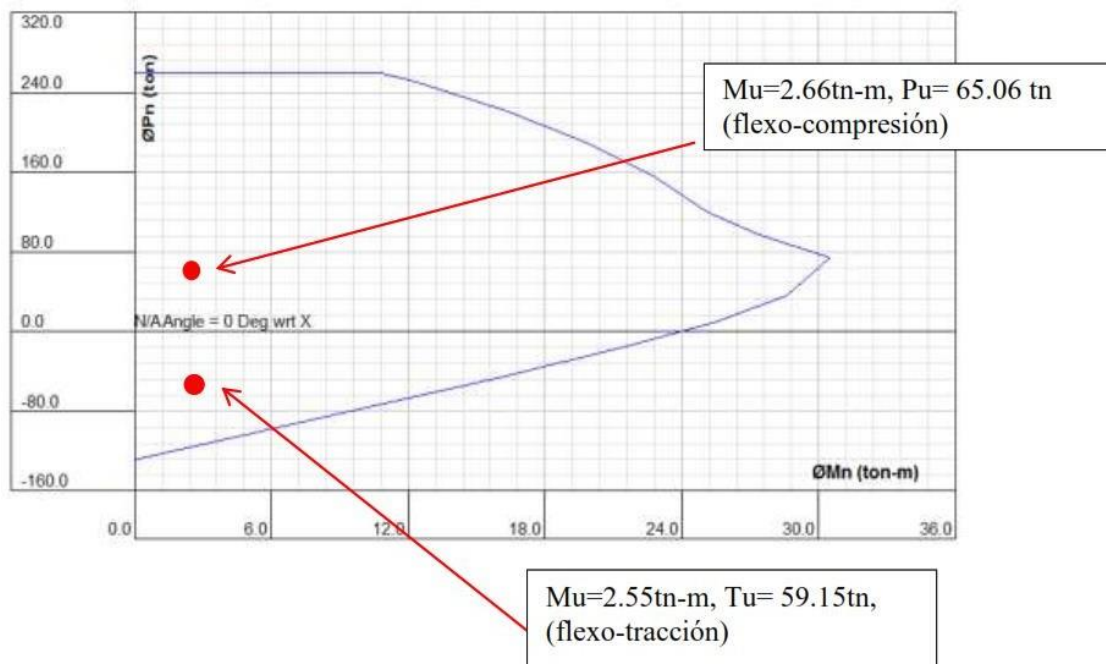
$$M_{ux} = 1.25x(1.25tn x 1.70m) = 2.66tn - m$$

- b)** Para el caso de flexo-Tracción: (Carga muerta + carga eólica a 315°)
- Para el caso de la condición de máxima carga axial y máximo momento flector uniaxial, se tiene las siguientes cargas:

$$T_u = 1.25x(47.92tn) - 0.90x(0.83tn) = 59.15tn$$

$$M_{ux} = 1.25x(1.20tn x 1.70m) = 2.55tn - m$$

Figura 27 Diagrama de Interacción de Sección Transversal del pedestal



Fuente: Elaboración propia

El espesor de la cimentación deberá ser capaz de permitir el desarrollo del anclaje de las varillas de refuerzo longitudinal del pedestal. Para el cálculo de la longitud de desarrollo en compresión (sin gancho) de las varillas de refuerzo del pedestal se considerará un diámetro de 5/8”:

$$L_{db} = 0.08 \times d_b \times f_y / \sqrt{f'_c} = 0.08 \times 1.60 \text{cm} \times 4200 \text{ kg/cm}^2 / \sqrt{210 \text{ kg/cm}^2} = 37.10 \text{cm}$$

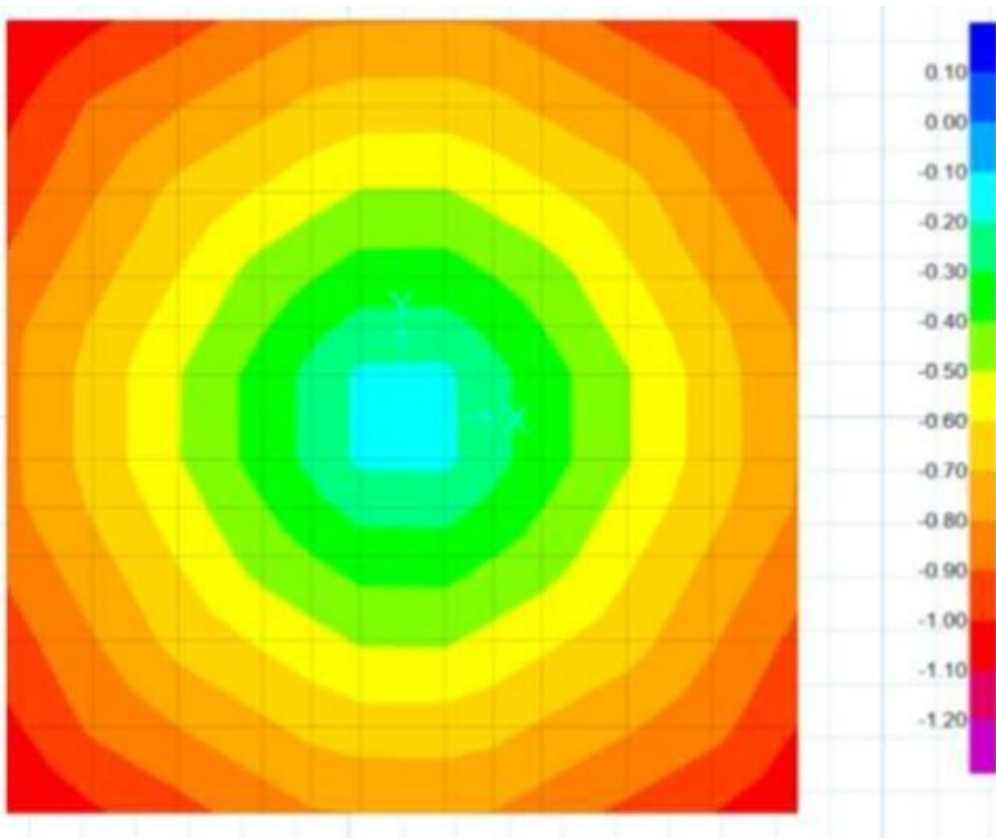
$$L_{db} = 0.004 \times d_b \times f_y = 0.004 \times 1.60 \text{cm} \times 4200 \text{ kg/cm}^2 = 26.88 \text{cm}$$

Para el cálculo de la longitud de desarrollo en tracción (incluyendo gancho estándar) de las varillas de refuerzo del pedestal de diámetro de 5/8”, se tiene lo siguiente:

$$L_{db} = 318 \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} = 318 \frac{1.60 \text{cm}}{\sqrt{210 \text{kg/cm}^2}} = 35.11 \text{cm}$$

El espesor mínimo necesario de la cimentación será: 37cm + 10 cm = 47cm < 60cm Ok!.

Figura 28 Envolvente de Esfuerzos máximos transmitidos al terreno bajo cargas de servicio (Carga muerta + Cargas de viento / Carga muerta + Cargas sísmicas).



Fuente: Elaboración propia

De la **Figura 28**, podemos tener los siguientes resultados la envolvente máxima de esfuerzos transmitidos al terreno. El máximo esfuerzo transmitido al terreno es igual a $1.88 \text{ kg/cm}^2 < 2.06 \text{ kg/cm}^2$ (capacidad admisible del terreno).

Verificación de la cimentación frente al volteo

Tabla 9 Cálculo del peso propio de la cimentación

CALCULO DEL PESO PROPIO DE LA CIMENTACION									
Descripción	largo [X] (m)	Ancho [Y] (m)	Espesor (m)	Area (m)	Altura (m)	Vol. (tn)	P.V. (tn/m3)	Peso (tn)	
Peso propio de la zapata	3.70	3.70	0.60	13.69	---	8.21	2.40	19.714	
Peso propio de pedestal típico	0.45	0.45	---	0.20	1.70	0.34	2.40	0.826	
Peso propio del relleno	---	---	---	12.88	1.40	18.03	1.60	28.851	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10 Momento Resistente a cargas laterales (Direcciones X-X e Y-Y)

Momento Resistente a cargas laterales (Direcciones X-X e Y-Y)			
Tipo de Carga	Carga (tn)	Brazo(m)	MR (tn-m)
Peso propio de pedestales	3.305	1.850	6.114
Peso propio de la zapata	19.714	1.850	36.470
Peso del relleno	28.851	1.850	53.375
Empuje pasivo	42.851	0.667	28.567
		$\Sigma =$	124.53

Fuente: Elaboración propia

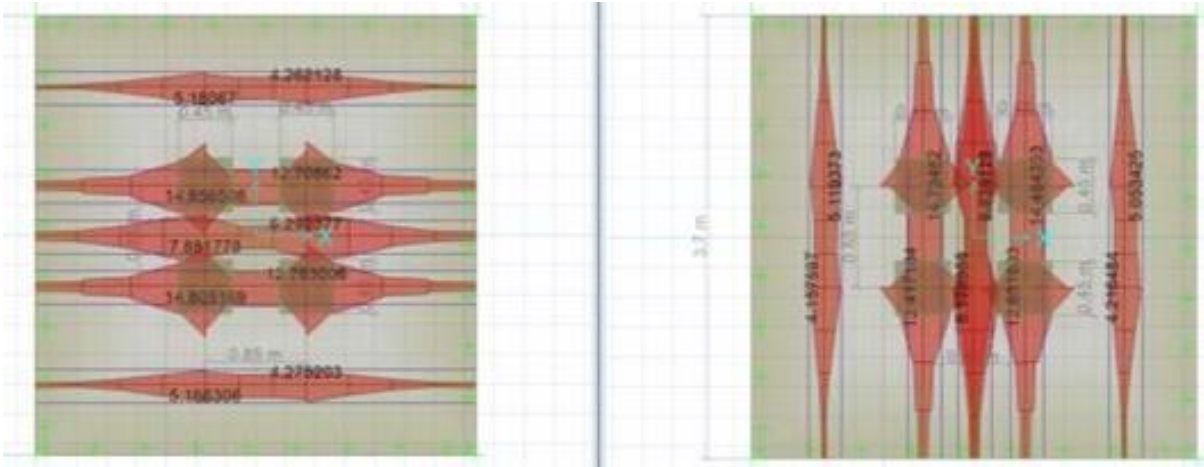
Tabla 11 Momento Desestabilizante - Dirección X-X e Y-Y.

Momento Desestabilizante - Dirección X-X							Factor de Seguridad	
Caso	Carga	Fx (tn)	Brazo(m)	Fx *brz. (tn-m)	My (tn-m)	MD (tn-m)	F.S.	F.S.> 1.50
520	D + Viento a 0°	-3.933	2.30	-9.045	-60.352	69.397	1.79	Ok!
540	D + Viento a 30°	-3.550	2.30	-8.165	-54.106	62.271	2.00	Ok!
560	D + Viento a 60°	-2.075	2.30	-4.773	-31.999	36.772	3.39	Ok!
580	D + Viento a 90°	0.004	2.30	0.010	-0.820	0.810	153.77	Ok!
600	D + Viento a 120°	2.067	2.30	4.753	30.092	34.845	3.57	Ok!
620	D + Viento a 135°	3.540	2.30	8.142	52.184	60.325	2.06	Ok!
640	D + Viento a 180°	3.922	2.30	9.022	58.427	67.448	1.85	Ok!
660	D + Viento a 225°	3.540	2.30	8.142	52.184	60.325	2.06	Ok!
680	D + Viento a 240°	2.066	2.30	4.753	30.092	34.845	3.57	Ok!
700	D + Viento a 270°	0.004	2.30	0.010	-0.820	0.810	153.79	Ok!
720	D + Viento a 300°	-2.075	2.30	-4.773	-31.999	36.772	3.39	Ok!
740	D + Viento a 315°	-3.550	2.30	-8.165	-54.106	62.271	2.00	Ok!
Momento Desestabilizante - Dirección Y-Y							Factor de Seguridad	
Caso	Carga	Fy (tn)	Brazo(m)	Fy *brz. (tn-m)	Mx (tn-m)	MD (tn-m)	F.S.	F.S.> 1.50
520	D + Viento a 0°	0.000	2.30	0.000	0.200	0.200	621.12	Ok!
540	D + Viento a 30°	2.001	2.30	4.603	29.811	34.414	3.62	Ok!
560	D + Viento a 60°	3.465	2.30	7.969	51.753	59.722	2.09	Ok!
580	D + Viento a 90°	3.867	2.30	8.895	58.295	67.190	1.85	Ok!
600	D + Viento a 120°	3.467	2.30	7.974	51.787	59.761	2.08	Ok!
620	D + Viento a 135°	1.999	2.30	4.598	29.777	34.376	3.62	Ok!
640	D + Viento a 180°	0.000	2.30	0.000	0.200	0.200	621.12	Ok!
660	D + Viento a 225°	1.999	2.30	4.598	30.178	34.776	3.58	Ok!
680	D + Viento a 240°	3.467	2.30	7.974	52.188	60.162	2.07	Ok!
700	D + Viento a 270°	3.867	2.30	8.895	58.696	67.591	1.84	Ok!
720	D + Viento a 300°	3.465	2.30	7.969	52.155	60.123	2.07	Ok!
740	D + Viento a 315°	2.002	2.30	4.604	30.212	34.815	3.58	Ok!

Fuente: Elaboración propia

Verificación del acero por flexión en la losa de cimentación

Figura 29 Acero de Refuerzo por flexión –Direcciones X-X y Y-Y



Fuente: Elaboración propia

$As_{min} = 0.0018 \times 100 \text{ cm} \times 60\text{cm} = 10.80 \text{ cm}^2 /\text{m}$ (01 capa) $As_{min} = 0.0012 \times 100 \text{ cm} \times 60\text{cm} = 7.20 \text{ cm}^2 /\text{m}$ (02 capas)

Se está considerando la siguiente distribución de acero para la zapata:

- **Direcciones X:**

$As (-) = 5.34 \text{ cm}^2 /\text{m} < 7.20\text{cm}^2 /\text{m}$ Usar $\emptyset 5/8'' @ 0.20\text{m}$

$As (+) = 6.58 \text{ cm}^2 /\text{m} < 7.20\text{cm}^2 /\text{m}$ Usar $\emptyset 5/8'' @ 0.20\text{m}$

- **Direcciones Y:**

$As (-) = 5.37 \text{ cm}^2 /\text{m} < 7.20\text{cm}^2 /\text{m}$ Usar $\emptyset 5/8'' @ 0.20\text{m}$

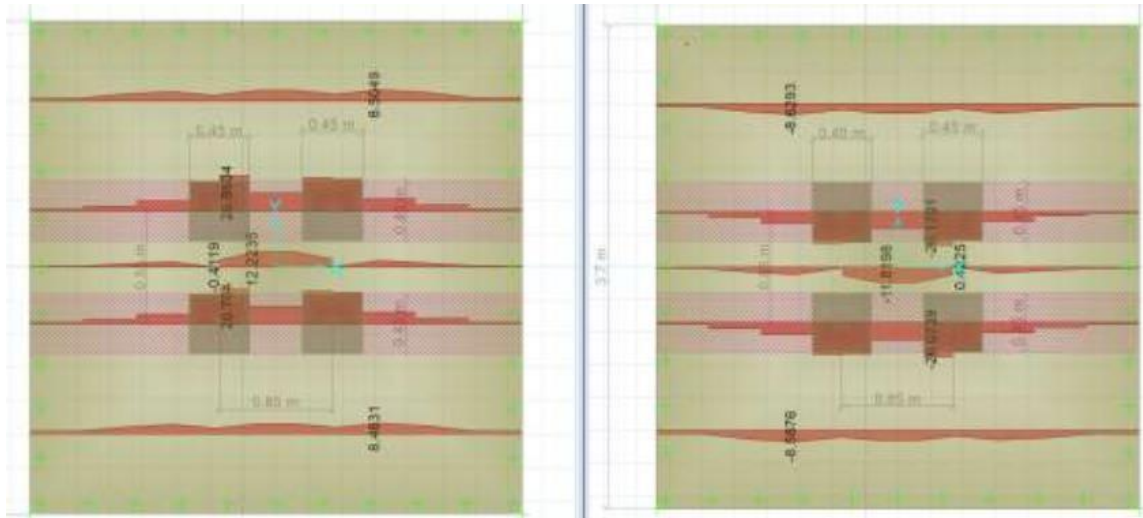
$As (+) = 6.48 \text{ cm}^2 /\text{m} < 7.20\text{cm}^2 /\text{m}$ Usar $\emptyset 5/8'' @ 0.20\text{m}$

Verificación al corte de la losa de cimentación

La máxima fuerza cortante es $V_u = 12.22 \text{ tn}$ (en una franja de 0.40m de ancho). El cortante asumido por el concreto de define de la siguiente expresión:

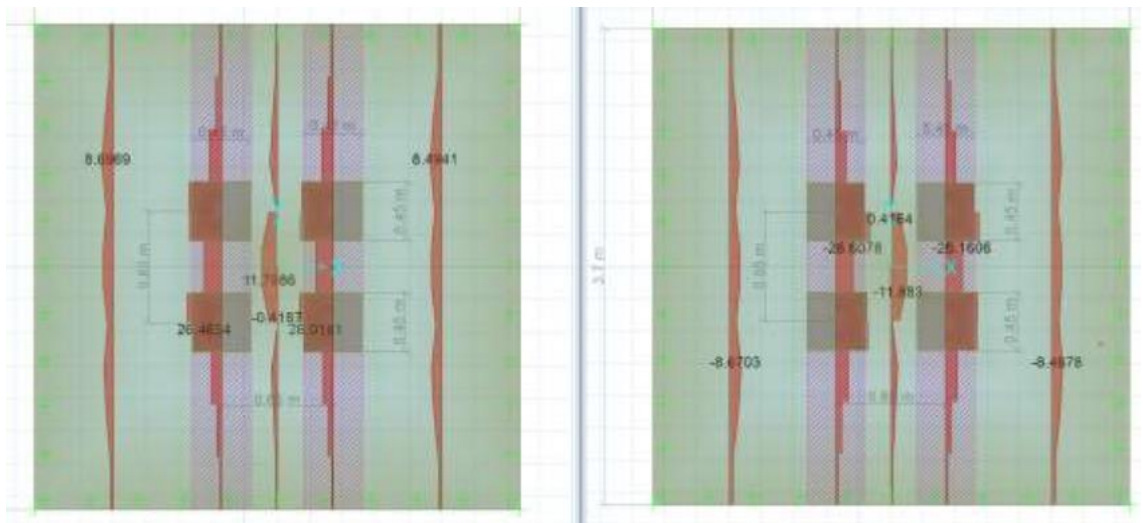
$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f_c} b_w d = 0.85 \times 0.53 \sqrt{210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} (40\text{cm})(50\text{cm}) = 13.06\text{tn} < V_u = 12.22\text{tn} \text{ Ok!}$$

Figura 30 Cortante en Franjas de Diseño – Envolvente Máxima en la dirección X-X



Fuente: Elaboración propia

Figura 31 Cortante en Franjas de Diseño – Envolvente Máxima en la dirección Y-Y

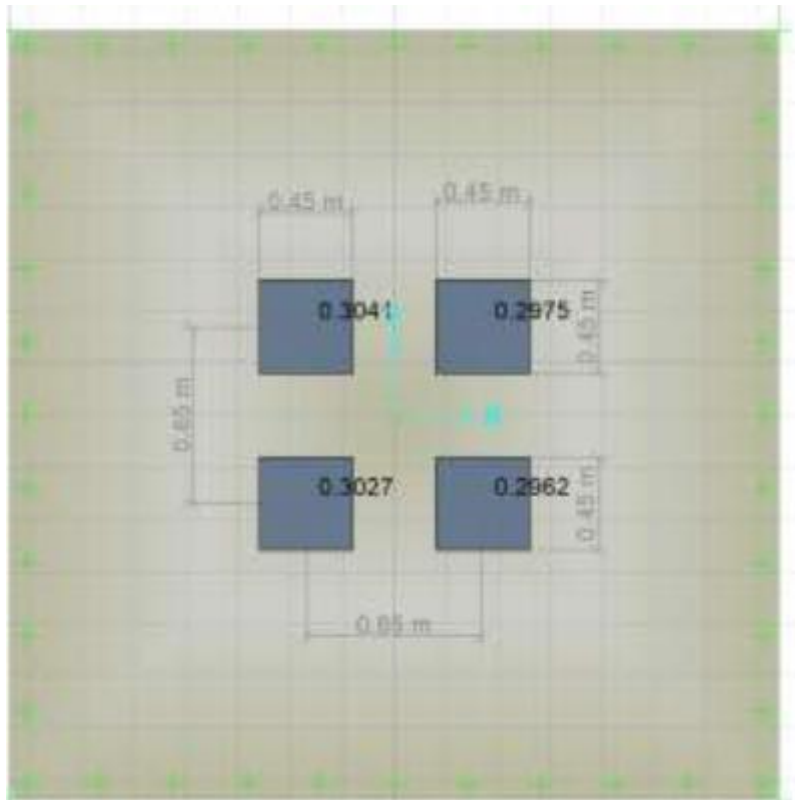


Fuente: Elaboración propia

Verificación del punzonamiento en la losa de cimentación

Máximo punzonamiento= 0.30 < 1.00 Ok!

Figura 32 Verificación por punzonamiento



Fuente: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos concluimos que la geometría propuesta para la torre autoportada de 24 m de altura, incluido los perfiles angular y tubos cumplieron las condiciones de resistencia evaluados en función a la velocidad de viento de 100 km/h en Huanta- Huanta- Ayacucho.
- Las deformaciones obtenidas como la deflexión con $0.1914 \text{ m} = 0.46^\circ < 0.75^\circ$, la torsión $0.0081^\circ < 0.30^\circ$ han sido tomadas desde la parte más alta de la estructura; es decir, la cúspide para una velocidad de viento de 75 km/h que corresponde a la velocidad de operación. Demostrando que las deformaciones son mínimas y no comprometen a la estructura.
- La relación entre la demanda y capacidad de las componentes de la estructura son menores a 1 indicando que son eficientes. Como, por ejemplo: los perfiles del panel 1 EA2X2X3/16 es de 0.1, del panel 2 EA2X2X3/16 es de 0.244, del panel 3 EA2X2X3/16 es de 0.496, del panel 4 EA2.5X2.5X1/4 es de 0.408, del panel 5 EA2.5X2.5X1/4 es de 0.655, del panel 6 EA3X3X1/4 es de 0.675, del panel 7 EA4X4X1/4 es de 0.873, del panel 8 EA4X4X5/16 es de 0.891, del panel 9 EA4X4X1/2 es de 0.797 y del panel 10 EA4X4X1/2 es de 0.918.
- El espesor de la cimentación calculado es de 60 cm se verificó con la longitud de desarrollo en compresión (sin gancho) obteniendo $L_{db} = 0.08 \times d_b \times f_y / \sqrt{f'_c} = 0.08 \times 1.60 \text{ cm} \times 4200 \text{ kg/cm}^2 / \sqrt{(210 \text{ kg/cm}^2)} = 37.10 \text{ cm}$
 $L_{db} = 0.004 \times d_b \times f_y = 0.004 \times 1.60 \text{ cm} \times 4200 \text{ kg/cm}^2 = 26.88 \text{ cm}$ y la longitud por tracción (incluye gancho estándar) fue de: $L_{db} = 35.11 \text{ cm}$. El espesor mínimo necesario de la cimentación será: $37 \text{ cm} + 10 \text{ cm} = 47 \text{ cm} < 60 \text{ cm}$. Los valores obtenidos son menores al asumido.
- Con la verificación del cortante en la zapata se obtuvieron las siguientes relaciones, la cortante máxima actuante fue de $V_u = 12.20 \text{ tn}$ y el cortante asumido de diseño del concreto fue de $\phi V_c = 13.06 \text{ tn}$, siendo la $V_u < \phi V_c$ de esta forma cumpliendo así las condiciones de diseño por resistencia última.
- Con la verificación del acero por flexión en la zapata se obtuvieron las siguientes relaciones, en la Dirección "X": $A_s (-) = 5.34 \text{ cm}^2 / \text{m} < 7.20 \text{ cm}^2 / \text{m}$. Usar $\phi 5/8$ @ 0.20m $A_s (+) = 6.58 \text{ cm}^2 / \text{m} < 7.20 \text{ cm}^2 / \text{m}$. Usar $\phi 5/8$

@ 0.20m. En la Dirección "Y": As (-) = 5.37 cm² /m < 7.20cm² /m. Usar Ø5/8" @ 0.20m As (+) = 6.48 cm² /m < 7.20cm² /m. Usar Ø5/8" @ 0.20m.

- Se demuestra que la envolvente máxima de los esfuerzos transmitidos al terreno nos arrojó un valor de 1.88 kg/cm² siendo menor que el esfuerzo admisible del suelo que es fue de 2.06 kg/cm². Con ello se cumplió la verificación de los esfuerzos admisibles en el terreno.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para revisar los resultados obtenidos la geometría propuesta para la torre autoportada de cierta altura, se deba hacer uso de los siguientes reglamentos internacionales como la Norma TIA/EIA 222 - F. "Structural Standards for steel antenna towers and antenna supporting structures" y la AISC " American Institute of Steel Construction" y las normas peruanas con la E.020 de cargas, E.030 sismorresistente, E.050 suelos y la E.060 de concreto armado.
- Se recomienda que las deformaciones obtenidas como la deflexión, la torsión, deberán de ser tomadas desde la parte más alta de la estructura; es decir, la cúspide para una velocidad de viento de 75 km/h que corresponde a la velocidad de operación. Y deberán demostrar que dichas deformaciones serán mínimas para que no comprometan a la estructura.
- Se recomienda que la relación entre la demanda y capacidad de las componentes de la estructura deberán ser menores a 1 indicando que son eficientes. Sino se cumple ello entonces los diseños tendrán dimensiones ineficientes, por lo tanto, se deberán recalcular nuevamente.
- Se recomienda que para obtener el espesor de la cimentación se deberá verificar con la longitud de desarrollo en compresión (sin gancho) y en longitud por tracción (incluye gancho estándar) eligiendo el valor más crítico de ellos.
- Se recomienda que con la verificación del cortante en la zapata se deberá cumplir que la $V_u < \phi V_c$ ya que el método usado de diseño es por resistencia última.
- Se recomienda que usar la verificación del acero por flexión en la zapata para obtener las relaciones de los aceros de refuerzo longitudinales tanto en la Dirección "X" como en la Dirección "Y".
- Se recomienda que para determinar las dimensiones de la zapata se debe cumplir que los esfuerzos transmitidos al terreno debe ser menor que el esfuerzo admisible del suelo, para que siempre se produzcan esfuerzos a compresión y evitar así la aparición de esfuerzos a tracción.

VII. REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (2012). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Aceros Arequipa. (2010). *Manual del Maestro Constructor*. Lima, Perú.
- Aguirre Mendoza, A. M. (2017). *Diseño de una Torre autosoportada triangular de 60 metros portadora de antenas (Tesis de pregrado, Universidad de Piura)*.
- Arias Cantor, A. F., & Gonzales Romero, N. A. (2019). *GUÍA DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES AUTOSOPORTADAS EN COLOMBIA PARA ALTURAS DE 20, 30 y 40 METROS*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24353/1/GUIA%20DE%20DISE%C3%91O%20ESTRUCTURAL%20DE%20TORRES%20DE%20TELECOMUNICACIONES.pdf>
- Borja Suarez, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica*. Chiclayo, Perú.
- Comité de la Norma E.070. (2006). *Albañilería*. Lima, Perú.
- Comite de la Norma Técnica E 020. (2006). *Norma Técnica de edificación E. 020 Cargas*. Lima, Perú.
- Comité Técnico especializado E.60. (2009). *Norma E.060 Concreto Armado*. Obtenido de Ministerio de Vivienda: http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf
- Harsem, T. E. (2014). *Diseño en concreto armado*. Lima, Perú: Ediciones PUCP.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Lopez Hernandez, S. A. (2016). *Diseño de Torres de Telecomunicación (Informe de actividades profesionales, Universidad Nacional Autónoma de México)*.

Mejía Van Dyck, J. P., & Reátegui Briceño, K. M. (2017). *ESTANDARIZACIÓN DEL DISEÑO DE TORRES AUTOSOPORTADAS CUADRADAS DE ALTURA VARIABLE DE 24 60m A SER USADAS EN EL TERRENO NACIONAL EN TELECOMUNICACIONES* (tesis de pregrado de la UPAO). Obtenido de Repositorio UPAO: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/5878/1/T_CIV_JEAN.MEJIA_KAROL.REATEGUI_DISE%C3%91O.TORRES.AUTOSOPORTADAS_DATOS.pdf

Morales Morales, R. (2014). *Diseño en Concreto Armado*. Lima, Perú: Fondo Editorial ICG.

Otazzi Pasino, G. (2014). *Apuntes del Curso de Análisis Estructural I*. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.

VIII. ANEXOS

Anexo N°1: Plano de Torre Autoportada Cuadrada

SE DE DISEÑO: MTO_077

FORMA DE FINANCIA: SAAVEDRA

SEÑAL: PROYECTO

ESCALAS: RECIBI

LA INFORMACION CONTIENE EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE INFRAEL Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA

SECCION: MTO_077_SAAVEDRA REGIONAL CENTRO POBLADO DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE BOGOTÁ D.C. MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DEL VALLE DE SAN MARTÍN CUNDINAMARCA COLOMBIA DEPARTAMENTO A FACCHERO

ESPECIFICACION: ESTRUCTURAS METALICAS

PROYECTADA POR: ING EDUARDO LETICIA RAMIREZ - CF 14882

PLANO: TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA H=24.00M

NUMERO DE LAMINA: **IM-01**

ESCALA: RECIBI FEBRERO 2011

BASE DE TORRE
850X850
ESCALA: 1/20

SECCION A-A
DETALLE DE PLANCHA BASE
ESCALA: 1/5

PANEL	MONTANTES	DIAGONALES HORIZONTALES	TECHOS	RED DIAGONAL	RED HORIZONTAL
1	L1.2X3X1/8	L2X3/16	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-
2	L3.2X3X1/8	L2X3/16	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-
3	L3.2X3X1/8	L2X3/16	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-
4	*L2.2X3X1/8	L2X3/16	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-
5	*L2.2X3X1/8	L2X3/16	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-
6	*L3.2X3X1/4	L2X3/16	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-
7	*L4.2X3X1/4	L2X3/16	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-
8	*L4.2X3X1/4	L2.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-
9	*L4.2X3X1/2	L2.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-
10	*L4.2X3X1/2	L2.2X3X1/4	L1.2X3X1/8	L1.2X3X1/8	-

NOTA:
1.- LOS PERFILES INDICADOS CON ASTERISCO SERÁN DE ACERO DE ALTA RESISTENCIA ASTM A572-GR50 EL RESTO DE ACERO SERA ASTM A-36 O EQUIVALENTE

BARRA DE ANCLAJE
ESCALA: 1/10

06 ANTENAS RF +
06 PRU
NIVEL 23.20m
MW Ø=1.20m
H=21.50m

02 ANTENAS RF +
02 PRU
NIVEL 18.20m
MW Ø=1.20m
H=16.50m

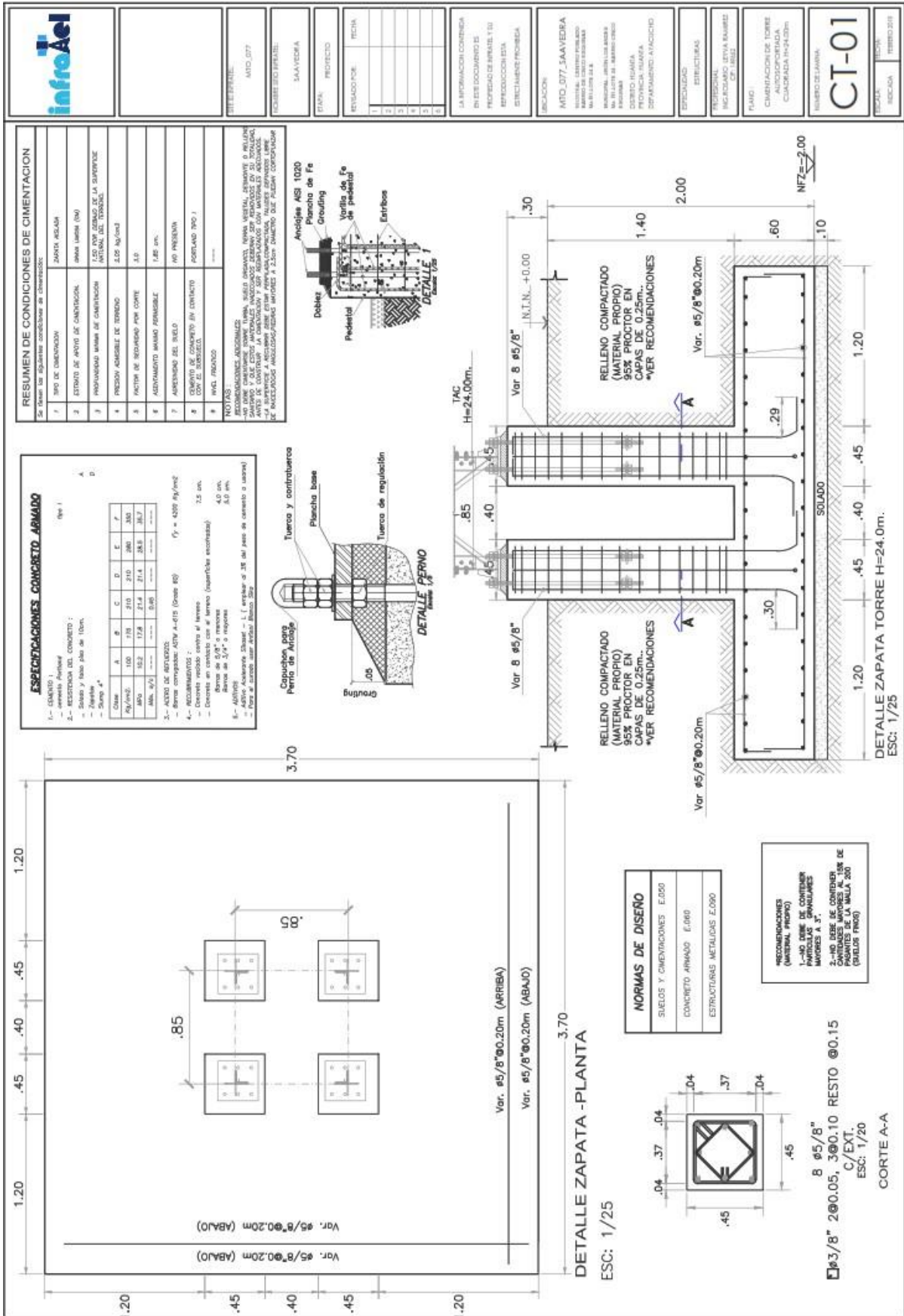
03 ANTENAS RF +
03 PRU
NIVEL 18.20m
MW Ø=1.20m
H=16.50m

TAC: 24m

LONGITUD TOTAL
1000

PLANOS REFERENCIALES. DISEÑO FINAL SEGUN PROVEEDOR DE TORRES

Anexo N°2: Plano de Cimentación para Torre Autoportada



RESUMEN DE CONDICIONES DE CIMENTACION
De tener las siguientes condiciones de cimentación:

1	TIPO DE CIMENTACION	ZAPATA AISLADA
2	ESTADO DE PUNTO DE CIMENTACION	SIENA LIMPIA (NL)
3	PROFUNDIDAD MINIMA DE CIMENTACION	2.50 DMS DEBIDO DE LA SUPERFICIE NATURAL DEL TERRENO.
4	PROFUNDIDAD MAXIMA DE TERRENO	2.00 m/cond
5	FACTORES DE SEGURIDAD POR CORTE	3.0
6	ACRECENTAMIENTO MAXIMO PERMISIBLE	1.0E ON.
7	ACRECENTAMIENTO DEL SUELO	NO PRESUMIR
8	ACRECENTAMIENTO DEL CONTACTO	FORTEADO 100 %
9	RECALZOS	---

RECOMENDACIONES ADICIONALES:
- NO OLVIDE CIMENTAR EN CONTACTO CON EL SUELO, EN CASO DE QUE EL TERRENO SEA DE TIPO SUAVIZADO O RECALZADO. EN ESTOS CASOS, SE DEBE CIMENTAR EN EL SUELO ORIGINAL, SIN RECALZOS NI SUAVIZADOS. EN CASO DE SUAVIZADO, SE DEBE CIMENTAR EN EL SUELO ORIGINAL, SIN RECALZOS NI SUAVIZADOS. EN CASO DE SUAVIZADO, SE DEBE CIMENTAR EN EL SUELO ORIGINAL, SIN RECALZOS NI SUAVIZADOS.

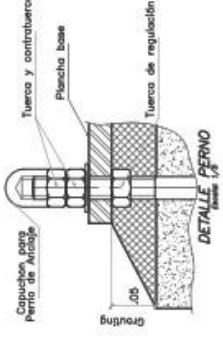
ESPECIFICACIONES CONCRETO ARMADO

1.- CONCRETO
2.- RESISTENCIA DEL CONCRETO:
- Si en el momento de la colocación.
- Si en el momento de la entrega.
- Si en el momento de la entrega.
- Si en el momento de la entrega.

Clase	A	B	C	D	E	F
f _{cd} (MPa)	100	110	210	210	260	350
f _{td} (MPa)	10.2	11.8	21.4	21.4	26.8	36.7
Mód. (kg/cm ³)	---	---	2.4	---	---	---

3.- ACERO DE REFUERZO:
- Norma aplicable: ASTM A-615 (Grado 60) f_y = 4200 kg/cm²

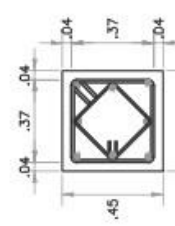
4.- RECOMENDACIONES:
- Debe estar en contacto con el terreno (cuando se indique).
- Debe estar en contacto con el terreno (cuando se indique).
- Debe estar en contacto con el terreno (cuando se indique).
- Debe estar en contacto con el terreno (cuando se indique).



NORMAS DE DISEÑO

SUELOS Y CIMENTACIONES	E.020
CONCRETO ARMADO	E.060
ESTRUCTURAS METALICAS	E.090

RECOMENDACIONES (MATERIAL PROPIO)
1.- NO OLVIDE DE CIMENTAR PARTICULAS GRANULARES MAYORES A 5".
2.- NO DEBE DE CIMENTAR EN TERRENO SUAVIZADO NI EN PANTANOS NI EN MALLA 200 (SUELOS FINOS)



8 #5/8"
3#3/8" 2@0.05, 3@0.10 RESTO @0.15
C/EXT.
ESC: 1/20
CORTE A-A



1	FECHA	15/08/2018
2	PROYECTO	SAAYVEDIA
3	REVISADO POR	FECHA
4		
5		
6		

PROYECTO:
SAAYVEDIA

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE INFRATEL S.R.L. EFECTUACION DE LA ESTRUCTURA PROYECTADA.

UBICACION:
MID_077_SAAVEDIA
MUNICIPIO: SAAYVEDIA
DEPARTAMENTO: SAAYVEDIA

PROYECTADO POR:
ING. RICARDO LEIVA RAMIREZ
CIP: 10000

PROYECTADO POR:
ING. RICARDO LEIVA RAMIREZ
CIP: 10000

PROYECTADO POR:
ING. RICARDO LEIVA RAMIREZ
CIP: 10000

PROYECTO:
SAAYVEDIA

CT-01

FECHA: 15/08/2018

Anexo N°3: Cronograma de obra

DESCRIPCION - PARTIDA		MARZO																																						
		SEMANA 9							SEMANA 10							SEMANA 11							SEMANA 12							SEMANA 13										
ITEM		J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
	Duración																																							
1.00	Trasas y replatas prospectas definitivas																																							
2.00	Mobilización de herramientas y material																																							
3.00	COBRE Y NIVELACION TERRENO																																							
4.00	Nivelación de Terreno (Diferencia de nivel 1.80mtr)																																							
5.00	Excavación para cimentación																																							
6.00	Eliminación de derramo																																							
7.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO																																							
8.00	Habilitación de acero y instalación																																							
9.00	Encofrado																																							
10.00	Instalación de Cimentación Pedestal y Armador																																							
11.00	Cimentación de Pared y Columnar de concreto																																							
12.00	Subestructuras y domar																																							
13.00	CARPINTERIA METALICA																																							
14.00	Fabricación de TAC 24.00mtr																																							
15.00	Mobilización de estructura metálica y Torre																																							
16.00	Montaje de estructura metálica																																							
17.00	Mantaje de torre																																							
18.00	MURO PERIMETRICO																																							
19.00	Construcción de muro de ladrillo																																							
20.00	Trazado en General																																							
21.00	Pintura																																							
22.00	Instalación de carpintería																																							
23.00	Instalación de puertas																																							
24.00	INSTALACION DE SISTEMA DE ATERRAMIENTO																																							
25.00	Excavación de pozo																																							
26.00	Mobilización de Material																																							
27.00	Instalación de pasar a tierra y malla																																							
28.00	Instalación de barras de tierra, aterramiento de voltaje, platofarma, etc.																																							
29.00	INSTALACION DE SISTEMA ELECTRICO																																							
30.00	Instalación de tuberías, cable reflector																																							
31.00	Instalación de FDP, FDP según aplica																																							
32.00	Otro																																							
33.00	OTROS																																							
34.00	Ensayos de firme																																							
35.00	Limpieza final de obra civil																																							
36.00	Firma de Acta																																							

Página 1