

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA – ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO ESTRUCTURAL COMPARATIVO DE TORRES DE
TELECOMUNICACIONES AUTOSOPORTADAS Y SU INCIDENCIA EN EL
COSTO DE FABRICACIÓN PROYECTO REGIONAL DE BANDA ANCHA.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

PAULO CÉSAR FLORES GUILLÉN

BRAYAN OSCAR PACORA JURO

Callao, septiembre 2020

PERU

**DISEÑO ESTRUCTURAL COMPARATIVO DE TORRES DE
TELECOMUNICACIONES AUTOSOPORTADAS Y SU INCIDENCIA EN EL
COSTO DE FABRICACIÓN PROYECTO REGIONAL DE BANDA ANCHA.**

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a nuestros padres por su incondicional apoyo y a los docentes en general que tuvieron la gentileza de orientarnos en el desarrollo de esta investigación.



ACTA N° 002-2021 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

LIBRO 001, FOLIO N° 294, ACTA N° 002-2021 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

A los 12 días del mes Marzo del año 2021, siendo las 18.00 horas, se reunieron, en la sala: meet.google.com/hxm-gkzr-jzw, el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** para la obtención del título profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía** conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- | | |
|--------------------------------------------|-------------------|
| ▪ Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán | Presidente |
| ▪ Mg. Juan Adolfo Bravo Félix | Secretario |
| ▪ Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci | Vocal |
| ▪ Mg. Jorge Luis Alejos Zelaya | Asesor |

Se dio inicio al acto de sustentación de Tesis de los Bachilleres, **Flores Guillen, Paulo Cesar y Pacora Juro, Brayan Oscar**, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, sustentan la Tesis titulada **"DISEÑO ESTRUCTURAL COMPARATIVO DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES AUTOSOPORTADAS Y SU INCIDENCIA EN EL COSTO DE FABRICACIÓN, PROYECTO REGIONAL DE BANDA ANCHA"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO POR UNANIMIDAD** con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **16 (DIECISEIS)**, la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 19.00 horas del día 12 del mes y año en curso.

Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán
Presidente

Mg. Juan Adolfo Bravo Félix
Secretario

Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci
Vocal

Mg. Jorge Luis Alejos Zelaya
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
OFICINA DE SECRETARÍA GENERAL

EL SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO que suscribe, CERTIFICA: Que la presente es copia fiel del original. Se expide la presente certificación a solicitud del (a) interesado (a) para los fines que juzgue conveniente

Callao, 22 de SEP. 2021 del 20.....



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Oficina de Secretaría General

Abog. Luis Alfonso Cuadros Cuadros
Secretario General

INDICE

TABLAS DE CONTENIDO	3
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION	8
I.1. Identificación del problema	8
I.2. Formulación del problema	11
I.2.1. Problema General	11
I.2.2. Problemas específicos	11
I.3. Objetivos de la investigación	12
I.3.1. Objetivo general	12
I.3.2. Objetivos específicos	12
I.4. Justificación	13
I.5. Importancia	15
MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes del estudio	16
2.1.1. Nacionales	16
2.1.2. Internacionales	18
2.2. Bases teóricas	22
2.3. Marco conceptual	28
2.4. Marco Normativo	41
2.5. Definición de términos básicos	42
VARIABLES E HIPÓTESIS	44
3.1. Variables de la investigación	44
3.2. Operación de variables	44
3.2. Hipótesis	45
3.2.1. Hipótesis general	45
3.2.2. Hipótesis Específicas	45
METODOLOGÍA	47

4.1. Tipo de investigación	47
4.2. Diseño de la investigación	47
4.3. Población y Muestra	49
4.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	50
4.5. Procedimiento de recolección de datos	52
4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	52
RESULTADOS	53
5.1. Evaluación del diseño estructural de las torres	53
5.2. Torre representativa del Proyecto.....	59
5.2.1. Datos básicos	59
5.2.2. Ingreso de geometría de la torre en MS Tower	62
5.2.3. Evaluación de placas base de la torre	168
5.3. Resumen de resultados del proyecto	183
DISCUSION DE RESULTADOS	187
6.1. Contratación de hipótesis con los resultados	187
6.2. Contratación de resultados con otros estudios similares	188
CONCLUSIONES	189
RECOMENDACIONES.....	192
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	193
ANEXOS.....	198
ANEXO N°1 – Matriz de consistencia.....	198
ANEXO N° 2 – TORRE AUTOSOPORTADA DE 72 M DE ALTURA.....	200

TABLAS DE CONTENIDO

Índice de Tablas

TABLA N° 3. 1 Operacionalización de variables.	44
TABLA N° 4. 1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	50
TABLA N° 5. 1 Factores de dirección del viento.	56
TABLA N° 5. 2 Coeficientes de fuerzas para accesorios.	57
TABLA N° 5. 3 Cuadro de perfiles torre de 72m.	60
TABLA N° 5. 4 Evaluación de Torre autosoportada de sección triangular de 72m tipo T1 a 75km.	166
TABLA N° 5. 5 Evaluación de torre autosoportada de sección triangular de 72m a 75 kph según nivel de desplazamiento.	167
TABLA N° 5. 6 Verificación a nivel de esfuerzo Torre autosoportada de sección triangular de 72m tipo T1 a 100 kph.	167
TABLA N° 5. 7 Tabulación de las reacciones en las placas base para cada ángulo de incidencia.	170
TABLA N° 5. 8 Área nominal de barra de anclaje según diámetros comerciales.....	181
TABLA N° 5. 9 Comparación de costos entre empresas.	183
TABLA N° 5. 10 Resultados de la relación de tipos de torres y comparación de pesos.	185
TABLA N° 7. 1 Resumen de parámetros estructurales por tipo de torre y altura.....	191

Índice de Figuras

FIGURA N°1. 1 Porcentaje de hogares sin acceso a Internet.	9
FIGURA N°2. 1 Velocidad media anual del viento a 125m.	30
FIGURA N°2. 2 Velocidad media del viento en Julio a 125m.	31
FIGURA N°2. 3 Torre auto soportada.	33
FIGURA N°2. 4 Torre ventada.	34
FIGURA N°2. 5 Monoposte o monopolo.	35
FIGURA N°2. 6 Torre auto soportada de sección cuadrada.	37
FIGURA N°2. 7 Torre auto soportada de sección triangular.	38
FIGURA N° 4. 1 Modelo de inserción de cita en MS Word 2016	51
FIGURA N° 5. 1 Vista de planta sección de torre de 72m.	61
FIGURA N° 5. 2 Esquema de ratios de esfuerzos.	165
FIGURA N° 5. 3 Detalle placa de anclaje.	171
FIGURA N° 5. 4 Vista de fuerzas a comprensión actuantes.	175
FIGURA N° 5. 5 Vista de esfuerzos a comprensión actuantes.	175
FIGURA N° 5. 6 Vista de esfuerzos a comprensión actuantes.	176
FIGURA N° 5. 7 Vista de fuerzas a comprensión actuantes.	177
FIGURA N° 5. 8 Vista de esfuerzos a tracción actuantes.	178
FIGURA N° 5. 9 Vista de esfuerzos a tracción actuantes.	179
FIGURA N° 5. 10 Vista a tracción actuantes.	182

Índice de Ecuaciones

Ecuación N° 2. 1 Ecuación de Euler	24
Ecuación N° 5. 1 Combinación de cargas aplicadas en el diseño de torres de telecomunicaciones.	54
Ecuación N° 5. 2 Presión de Velocidad	55
Ecuación N° 5. 3 Factor de ráfaga para estructuras reticulares.....	56
Ecuación N° 5. 4 Coeficiente de fuerza para estructuras reticuladas	56

Ecuación N° 5. 5 Fuerza de viento horizontal sobre una estructura	57
Ecuación N° 5. 6 Fórmulas para cálculo de cargas de viento en antenas MW.	58
Ecuación N° 5. 7 Momento de fluencia.	169
Ecuación N° 5. 8 Ecuación de rigidez por unidad de área de concreto.	173
Ecuación N° 5. 9 Combinaciones de carga para placas base	173
Ecuación N° 5. 10 Fuerza de tensión admisible por barra de anclaje.....	181

RESUMEN

La presente tesis, tuvo como objetivo general realizar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas y su incidencia en los costos de fabricación, con el fin de optimizar el diseño estructural y definir el criterio del tipo de torre a utilizar, lo cual generó un proyecto más económico fomentando así este tipo de inversiones como el de la conectividad integral y desarrollo social de las regiones de Tumbes, Piura y Cajamarca. Para ello se hizo uso de los softwares de diseño Ms Tower y SAP 2000, los cuales permitieron obtener para los modelos propuestos resultados estructurales por rigidez, estabilidad y resistencia.

Este estudio fue del tipo tecnológica, debido a que utilizó el conocimiento científico para hacer un diseño estructural comparativo y su incidencia en los costos de fabricación. De igual manera el diseño de la investigación fue del tipo descriptivo comparativo, ya que se recogió la información referente a los costos de fabricación en base a los resultados de la comparación del diseño estructural de las torres autosoportadas de sección triangular y cuadrada.

Mediante el diseño estructural comparativo, se logró demostrar que la sección triangular optimizó más, en base a los costos de fabricación, que la cuadrada.

Palabras claves: Torres Autosoportadas de telecomunicaciones, Optimización de costos de fabricación, MS Tower, Sap 2000.

ABSTRACT

The general objective of the present thesis was realize the comparative structural design of the self-supporting telecommunications Towers and their impact on manufacturing costs, in order to optimize the structural design and define a standard for the type of tower to be used, generated lower costs that promoted this type of investment, such as that of integral connectivity and social development in the regions of Tumbes, Piura and Cajamarca. To do this, design softwares like MS Tower and SAP 2000 were used, which permitted obtain for the proposed models structural results for rigidity, stability and resistance.

This study was of the applied level technological type because it used scientific knowledge to make a comparative structural design and its impact on manufacturing costs. In the same way, the research design was of a comparative descriptive type, since the information referring to manufacturing costs was collected based on the results of the comparison of the structural design of the self-supporting towers with a triangular and square section.

Through the comparative structural design, it was possible to demonstrate that the triangular section optimized more the project, based on manufacturing costs, than the square one.

Keywords: Self-supported Telecommunications Towers, Manufacturing cost optimization, MS Tower, SAO 2000.

CAPITULO I

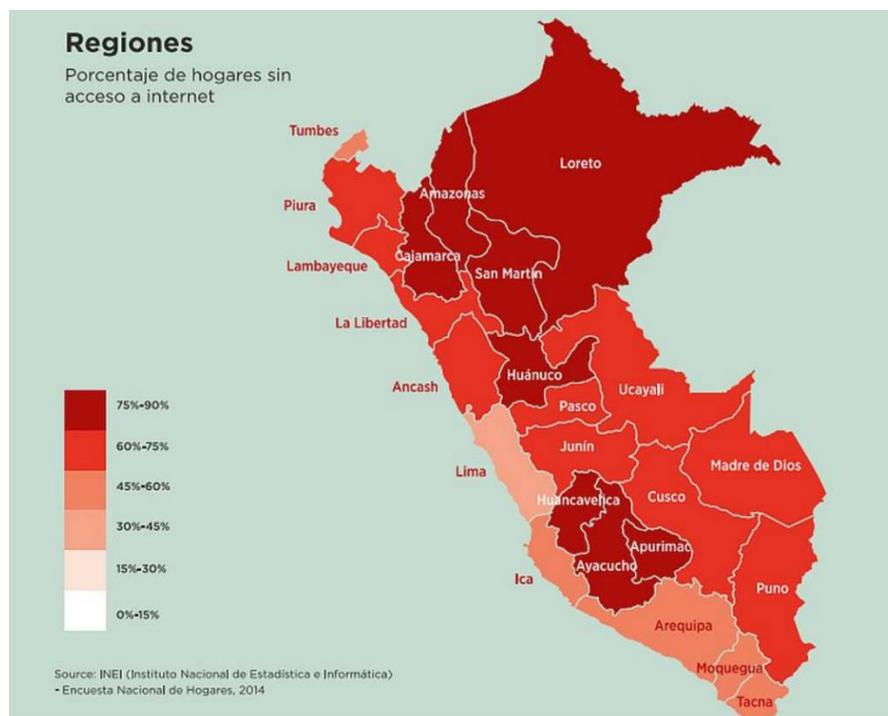
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

I.1. Identificación del problema

Hoy en día, un punto clave para asegurar el crecimiento sostenible de un país, es asegurar la educación de su población. Un factor para lograr esto es conseguir el acceso a información actualizada e interconectividad de sus miembros. Sin embargo, nuestra realidad es otra, ya que según el reporte de Redacción EC (2016) un 73% de nuestra población rural carece de conexión a Internet. Según informe elaborado por GSMA (Groupe Speciale Mobile Association) el número de personas sin acceso a Internet en nuestro país representa aproximadamente 25.6 millones de peruanos.

Al examinar la brecha por regiones en Perú y focalizándonos en las comprendidas en este proyecto, entre el 60% y 75% de hogares de departamentos como Cajamarca y Piura no cuenta con acceso a Internet, mientras que en Tumbes el porcentaje se encuentra entre el 30% y 45%.

FIGURA N°1. 1 Porcentaje de hogares sin acceso a Internet.



Fuente: Redacción EC (2016, 24 de febrero). Perú: 73% de la población rural carece de conexión a Internet. *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/>

Bajo este esquema, el Estado decidió apostar por proyectos que atiendan estas necesidades para de esta manera reducir estos indicadores. En este contexto que se ha decidido implementar proyectos como el de INSTALACIÓN DE BANDA ANCHA PARA LA CONECTIVIDAD INTEGRAL Y DESARROLLO SOCIAL DE LAS REGIONES DE TUMBES, PIURA Y CAJAMARCA, el cual busca lograr

el beneficio de más de 1494 localidades a lo largo de las regiones ya mencionadas, por medio de la habilitación del acceso a internet de banda ancha para instituciones públicas, privadas y para la población mediante las redes de fibra óptica y red de acceso.

Como medio para esto, el proyecto contempló la implementación de nodos de acceso mediante la utilización de estructuras metálicas, tales como son las torres autosoportadas. Es debido a esto, que procurar evitar un sobre dimensionamiento y optimizar costos, hace viable que el Estado invierta en más proyectos de este tipo, ya que, en casos como el proyecto anteriormente citado, se hacen uso de 1302 nodos de acceso.

Considerando que todos los estudios anteriores relacionados a torres de telecomunicaciones incluyendo los antecedentes de la presente investigación consideran una sección cuadrada, podemos concluir que este es el diseño más utilizado para este tipo de estructuras, por ello es importante el análisis del diseño estructural triangular.

Según reportaje de Lezama (2020), las inversiones realizadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) este año 2020 en el sector telecomunicaciones, superarán los US\$ 750 millones en el Perú. Así mismo, el director general de políticas y regulación en Comunicaciones del MTC José Aguilar señaló que a finales del 2019

existían 22,766 antenas en todo el Perú, pero para dar un servicio óptimo se necesitan 14,000 más. Adicionalmente indicó “La falta de antenas no permite brindar un servicio óptimo y esto puede afectar el buen funcionamiento del teletrabajo y programas educativos a distancia”.

I.2. Formulación del problema

I.2.1. Problema General

¿Cómo realizar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas y conocer la incidencia en sus costos de fabricación del proyecto regional de banda ancha?

I.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo realizar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas del tipo cuadrangular y triangular?
- ¿Cómo realizar el análisis comparativo de los costos de fabricación en el diseño estructural de las torres de telecomunicaciones del tipo cuadrangular y triangular?

- ¿Cómo validar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autoportadas del tipo cuadrangular y triangular?

I.3. Objetivos de la investigación

I.3.1. Objetivo general

Realizar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autoportadas y su incidencia en costos de fabricación, que nos permite la optimización del diseño estructural y la definición del criterio de selección de la geometría de la torre a utilizar, lo cual genera un proyecto más económico fomentando este tipo de inversión como el de la conectividad integral y desarrollo social de en el proyecto regional de banda ancha.

I.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diseño estructural de las torres de telecomunicaciones autoportadas del tipo cuadrangular y triangular del proyecto regional de banda ancha.
- Determinar los costos de fabricación del diseño estructural de las torres de telecomunicaciones del tipo cuadrangular y triangular del proyecto regional de banda ancha.

- Validar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas del tipo cuadrangular y triangular del proyecto regional de banda ancha.

I.4. Justificación

I.4.1. Tecnológica

Según Espinoza (2014), enunció que “se justifica tecnológicamente una investigación cuando se satisface las necesidades sociales, que pueden ser: soluciones que permiten mejorar su nivel de vida, soluciones que mejoran la ecología, soluciones que permiten mejorar el sistema productivo “(p.71).

La presente tesis se justifica tecnológicamente debido a que en el diseño comparativo entre las torres de sección cuadrada y triangular se optimizó los costos de fabricación, los cuales están directamente relacionados con el peso de la estructura, mejorando así un sistema productivo.

I.4.2. Práctica

Según Bernal (2010), enuncio que “se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo” (p.106).

El presente trabajo de investigación presenta justificación práctica porque resolvemos el problema de sobredimensionamiento de las torres de telecomunicaciones, incidiendo en sus costos de fabricación.

I.4.3. Social

Según Ackoff (1967) y Miller (2002), citado por Hernández (2012) enunció que la justificación social “responderá a las siguientes preguntas: ¿Cuál es su trascendencia para la sociedad?, ¿quiénes se beneficiarán con los resultados de la investigación?, ¿de qué modo? En resumen, ¿qué alcance o proyección social tiene?” (p.40).

Este trabajo de investigación permite beneficiar directamente a el Estado Peruano optimizando los costos de fabricación de este tipo de proyectos, considerando la proyección de la inversión en el 2020 con un presupuesto de 750 millones de dólares y la proyección de instalación de 14,000 antenas en el Perú, adicional a las 22,000 existentes.

La presente investigación brinda aportes de conocimientos teóricos y prácticos a los futuros profesionales de ingeniería enfocados en la línea de diseño estructural y costos y presupuestos.

I.5. Importancia

I.5.1. Practica

Mediante este proyecto se ha podido realizar una comparación entre dos diseños estándar para torres autosoportadas de telecomunicaciones, el cual ayudó a mejorar los criterios que se tienen actualmente en el diseño de dichas torres según su altura y carga.

Esta investigación es de importancia práctica, dado que se demuestra que hay una incidencia en los costos de fabricación en base al diseño estructural de las torres autosoportadas, el cual considerando lo mencionado anteriormente por el MTC, se deberían instalar 14,000 más de las 22,766 antenas existentes en el Perú al 2019, lo que nos proyecta a un ahorro significativo cuantificado en muchos millones de dólares.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Nacionales

Silva (2016), en su tesis titulada: “Rediseño de la estructura de la torre auto soportada de H=71m para que soporte las antenas de radiofrecuencia y microondas existentes, y 06 antenas de microondas futuras ubicada en la estación 0101711_pi_el_alto, Piura”, tuvo como objetivo principal aumentar la resistencia estructural de la torre cuadrada autosoportada de H=71m, para que soporte las cargas adicionales a las existentes a lo largo de su estructura. Mediante la cual tuvo las siguientes conclusiones en base a los resultados: que la torre en su estado actual necesita una optimización en su estructura para que pueda soportar las cargas futuras e incluso es necesaria la reparación en el escenario actual de la torre con sus cargas que presenta según los resultados obtenidos por medio del programa MS Tower y que a partir del metrado realizado se ha determinado el presupuesto para la ejecución del proyecto, el cual tendrá un costo considerable de \$108,296.28 aproximadamente.

Siendo esta investigación de importancia para nuestro proyecto, por el uso de normas y códigos vigentes para el cálculo, además de la utilización de herramientas como el software Ms Tower para la obtención de resultados.

Otro aporte por destacar en esta investigación nacional es la ejemplificación del modo de empleo de un método de cálculo de costes en base al metrado de la torre.

Aguirre (2017), en su tesis titulada: “Diseño de una torre auto soportada triangular de 60 metros portadora de antenas”, tuvo como objetivo general el definir una metodología para el análisis y diseño estructural de acuerdo con los códigos vigentes nacionales e internacionales que garanticen ante todo la filosofía de la ingeniería estructural, que es salvar vidas y evitar el colapso. Mediante la cual tuvo como conclusiones en base a los resultados: que el procedimiento para el análisis estructural de una torre autosoportadas tipo celosía para telecomunicaciones en el Perú, utilizando la norma TIA/EIA 222F y códigos actualizados de nuestro medio ha permitido establecer los pasos necesarios para un adecuado diseño estructural de los elementos que la conforman, y que el diseño de la torre auto soportada triangular cumple con las condiciones de resistencia y las deformaciones de los elementos no exceden los límites establecidos.

Esta investigación aporta a nuestro trabajo una guía metodológica importante para el desarrollo de nuestra etapa de cálculos, aplicando las normas peruanas e internacionales para esto, además de ejemplificar como el programa Ms Tower es de suma importancia para la etapa de verificación del diseño.

2.1.2. Internacionales

Hernández (2005), en su tesis titulada: “Estudio comparativo de tres soluciones estructurales para una torre de telecomunicaciones de 40 m. de altura tipo auto soportada”, tuvo como objetivo principal el determinar cuál de las tres soluciones estructurales tendrá una mejor respuesta ante las sollicitaciones de las acciones externas que se considera incidirán en la estructura, así mismo presento las siguientes conclusiones en base a los resultados: en general el diseño de estructuras de este tipo queda regido por la condición de carga que incluye viento y no por sismo, y son estas las que influyen de manera muy importante en el comportamiento de la estructura.

Es muy importante definir y estimar las cargas del empuje del viento sobre la estructura, por lo que se debe tener mucho cuidado en la interpretación de los criterios que aparecen en los manuales. Las especificaciones de diseño de estructuras no se han desarrollado para restringir al ingeniero sino para proteger al usuario de estas. No todo se encuentra en los reglamentos así que, sin impactar los códigos o especificaciones empleados, la responsabilidad final de la estructura recae en el ingeniero estructurista.

La economía de la estructura está en manos del diseñador, quien debe poner en práctica todos sus conocimientos de análisis, comportamiento de

los materiales y aprovechamiento óptimo de los materiales disponibles en el mercado.

Este trabajo aporta con nuestra investigación según la conclusión alcanzada de que los efectos sísmicos no son los que rigen el diseño estructural de una torre auto soportada, por lo cual solo debemos tener bien definidas las condiciones de cargas de viento. Por otro lado, deja muy en claro que la economía de la torre queda en las manos del diseñador, por ello, es importante demostrar que este tipo de diseño es óptimo.

Vidal (2011), en su investigación titulada: “Estudio comparativo de dos tipologías estructurales para soporte de antenas de telefonía móvil”, tuvo como principal objetivo el análisis comparativo entre estructuras de celosía y estructuras tubulares aplicadas al diseño de una torre de telefonía móvil. De lo cual alcanzo como principales conclusiones según los resultados: se encuentra una explicación a la disminución de las secciones de la torre a medida que aumenta la altura, pues se observa que los esfuerzos disminuyen. Esto a causa de que, si bien los desplazamientos aumentan a medida que nos alejamos del anclaje o empotramiento, el mayor esfuerzo se da en aquellos perfiles verticales con mayor sección y expuestos a mayor reacción por la flexión de la torre sobre el anclaje debido a la acción del viento. Lo cual, según los cálculos llevados a cabo en dicha investigación, se da en los elementos cercanos a la base. Es por

dicho motivo que también el material requiere un menor límite elástico en los elementos con mayor altura que, a su vez, disminuyen las sobrecargas por viento en la torre, ya que estos se darán en aquellos elementos con mayor sección ubicados en la base. Trayendo consigo un consecuente ahorro de materia prima y de los costes de la obra civil.

La torre tubular supone un mayor coste frente a la de celosía, ya que se emplea mayor cantidad de material como se puede inferir del fundamento teórico.

En cuanto a la torre de celosía, tiene como puntos positivos el hecho de ser menos robusta, de tener un menor coste y una mayor facilidad de transporte, pues los elementos se trasladan flejados para su montaje en obra. La estructura tubular por el contrario es más robusta y suele suministrarse ensamblada desde fábrica, por lo que suele tener dimensiones que hacen difícil su manejo y transporte.

El Principal aporte a nuestra investigación en esta tesis se llegó a una conclusión respecto al diseño que los cuerpos superiores deberían ser más livianos, ya que los esfuerzos son menores que en los inferiores.

Se tiene un aporte adicional que el uso de una torre auto soportada o de celosía es óptimo económicamente, debido a que es más liviana y es mucho más sencillo de montar, ya que los miembros se pueden transportar

suelos, con lo que podemos deducir que el diseño a analizar es óptimo al de otros tipos de estructuras de soportes para antenas de telefonía.

Boj (2013), en su trabajo de investigación con título: "Metodología de optimización en el diseño de estructuras metálicas de soporte para antenas de telecomunicaciones en la industria celular", tuvo como principal objetivo la creación de documento de consulta y referencia para la selección de torres autosoportadas a utilizar en Guatemala, basados en las normas internacionales, estudios locales, condiciones climáticas del país y experiencia del estudiante. Alcanzando como principales conclusiones en base a los resultados: consolidar toda la información sobre las condiciones climáticas, requerimientos de los usuarios, normas y experiencia de los involucrados en la toma de decisión en un documento de referencia, apoyan a la selección de una torre que cumpla de mejor forma con los objetivos de carga por las que fueron creadas bajo normas nacionales e internacionales.

Es posible optimizar los recursos empleados en la creación e instalación de una torre por medio del diseño y asegurar el desempeño de la misma bajo escenarios críticos.

El acero a emplear en el diseño y producción de una torre se encuentra normado internacionalmente, es necesario verificar que, para el cálculo

estructural de la torre, el mismo cumpla con lo descrito por las especificaciones.

El principal aporte a nuestra investigación en esta tesis fue que obteniendo los datos correspondientes a las condiciones de cargas de la estructura, es posible optimizar los recursos empleados en la fabricación de la torre, así mismo, indica un formato de recopilación de datos importantes para lograr esto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Falla por resistencia

- Teoría de Tresca

La teoría de Tresca (como se citó en De Castro, 2019) refiere que: “La falla se producirá cuando el esfuerzo cortante máximo absoluto en la pieza sea igual o mayor al esfuerzo cortante máximo absoluto de una probeta sometida a un ensayo de tensión en el momento que se produce la fluencia”

- Teoría de Von Misses

La teoría de Von Misses (como se citó en De Castro, 2019) refiere que: “La falla se producirá cuando la energía de distorsión por unidad de volumen debida a los esfuerzos máximos absolutos en el

punto crítico sea igual o mayor a la energía de distorsión por unidad de volumen de una probeta en el ensayo de tensión en el momento de producirse la fluencia”.

2.2.2. Falla por rigidez

- Teorema de Castigliano

La teoría de Castigliano (como se citó en Riveros, 2017) refiere que “La componente de desplazamiento del punto de aplicación de una acción sobre una estructura en la dirección de dicha acción, se puede obtener evaluando la primera derivada parcial de la energía interna de deformación de la estructura con respecto a la acción aplicada”.

2.2.3. Falla por estabilidad

- Teorema de pandeo de Euler

McCormac (2012) refiere que el teorema de Euler tiene aplicación en una columna sometida a un esfuerzo que causa que esta se pandeé. La columna, a partir de una cierta longitud reduce el esfuerzo de pandeo a uno tipo elástico. Debiendo para esto la columna ser larga y esbelta (p.139).

Mediante la fórmula de Euler, se obtiene el esfuerzo de pandeo según:

$$\sigma_{crit} = \frac{\pi^2 x E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

Ecuación N° 2. 1 Ecuación de Euler

Donde:

E= módulo de elasticidad ASTM A36 (200 GPa)

L/r= esbeltez de la columna

Cabe recalcar que en la presente investigación tenemos unos parámetros admisibles de deformación, tanto por torsión como por flexión, según Silva (2016), en su tesis titulada: “Rediseño de la estructura de la torre auto soportada de H=71m para que soporte las antenas de radiofrecuencia y microondas existentes, y 06 antenas de microondas futuras ubicada en la estación 0101711_pi_el_alto, Piura”. Enuncia que el ángulo para la flexión no debe ser mayor a 0.75° y para el caso de torsión a 0.35°, en el presente análisis estamos considerando parámetros máximos de flexión 0.75° y para el caso de torsión 0.30° (p.7).

2.2.4. Métodos de diseño

Como métodos de diseño estructural para las torres autosoportadas, contamos con 02 normativas de construcción las cuales son TIA-222F y TIA-222G, en la presente investigación se utilizó la TIA-222F.

Según Silva (2016), enuncia que “el uso de las Normativa TIA-222F y TIA-222G son válidas para nuestro estudio, ya que el RNE del Perú permite el uso de los métodos ASD y LRFD para la evaluación de las edificaciones” (P. 137)

2.2.5. Diseño por esfuerzos admisibles ASD

La norma TIA/EIA-222-F, análisis y diseño estructural de torres auto soportada tipo celosía, nos hace referencia al uso del método ASD (Allowable Stress Design).

Según Esmeraldas Meneses (2016), enuncio que:

El método del Diseño por Esfuerzo Permisible (ASD), se diseña de tal manera que las tensiones calculadas por efectos de las cargas de servicio no superen los valores máximos en las especificaciones, es decir que se trabaja en función de las tensiones admisibles, donde éstas son una fracción de las tensiones cedentes del material, ya que, por basarse en el análisis elástico de las estructuras, los elementos deben ser diseñados para comportarse elásticamente.

En el método ASD se define la resistencia admisible en tracción dividiendo la resistencia nominal por un factor de seguridad.

2.2.6. Diseño por esfuerzos en rango plástico LRFD.

La norma TIA-222G para torres y soportaría de telecomunicaciones nos hace referencia al uso de este método LRFD (Load Resistance Factor Design).

Según Esmeraldas Meneses (2016), enuncio que:

El método de Diseño por el Factor de Resistencia de Carga (LRFD) emplea como criterios de análisis y diseño los de la teoría plástica o una combinación de análisis y diseño plástico. En este caso, basado en estados límites de confiabilidad. Como parte del método LRFD se define la resistencia de diseño como el resultado de multiplicar la resistencia nominal por un factor de carga.

2.2.7. Teoría de costos de producción

Es importante para la investigación tener clara la teoría de como determinar los costos de fabricación e identificar los elementos de estos.

Por definición son gastos intrínsecos del proceso productivo. Es decir, producir, en principio, cuesta dinero. Es por eso que, una vez terminado el circuito productivo, los costos de producción se restan de los ingresos para determinar las ganancias brutas.

Si estos costos (y los demás generados a lo largo de la cadena productiva) resultan ser muy elevados, ello incide en el precio final

del producto y en la rentabilidad de la operación, ya que todo inversor desea recuperar el monto gastado y recibir algún tipo de ganancia posteriormente.

Maria Raffino, Concepto de producción. Disponible en: <https://concepto.de/costos-de-produccion/> artículo web. Consultada el 06 de julio del 2020.

Sus elementos son:

- Costos Directos: Robles (2012) declara que “Son los que se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o área específicas” (p.11). Por ejemplo, para la presente investigación se tiene: Costo de mano de obra, insumos, uso o alquiler de máquinas.
- Costos Indirectos: Robles (2012) menciona que “Son los que no se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o áreas específicas”. En este punto tenemos: material indirecto, mano de obra indirecta, servicios públicos, arrendamiento, accesos, fletes o transporte de recursos.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Diseño estructural

Según Herrera (2006), enuncio que “el diseño estructural es un proceso creativo basado en el conocimiento de los principios de estática, dinámica, mecánica de sólidos y análisis estructural. Producto es una estructura segura y económica”

Para el caso de las torres de telecomunicaciones, el diseño estructural se encuentra definido por normas que mencionaremos más adelante, las cuales se basan no solo en esfuerzos y reacciones en los elementos estructurales sino también en los materiales a utilizar, sean laminados en caliente o en frío.

2.3.2. Cargas a las que estará sometida la torre autosoportada:

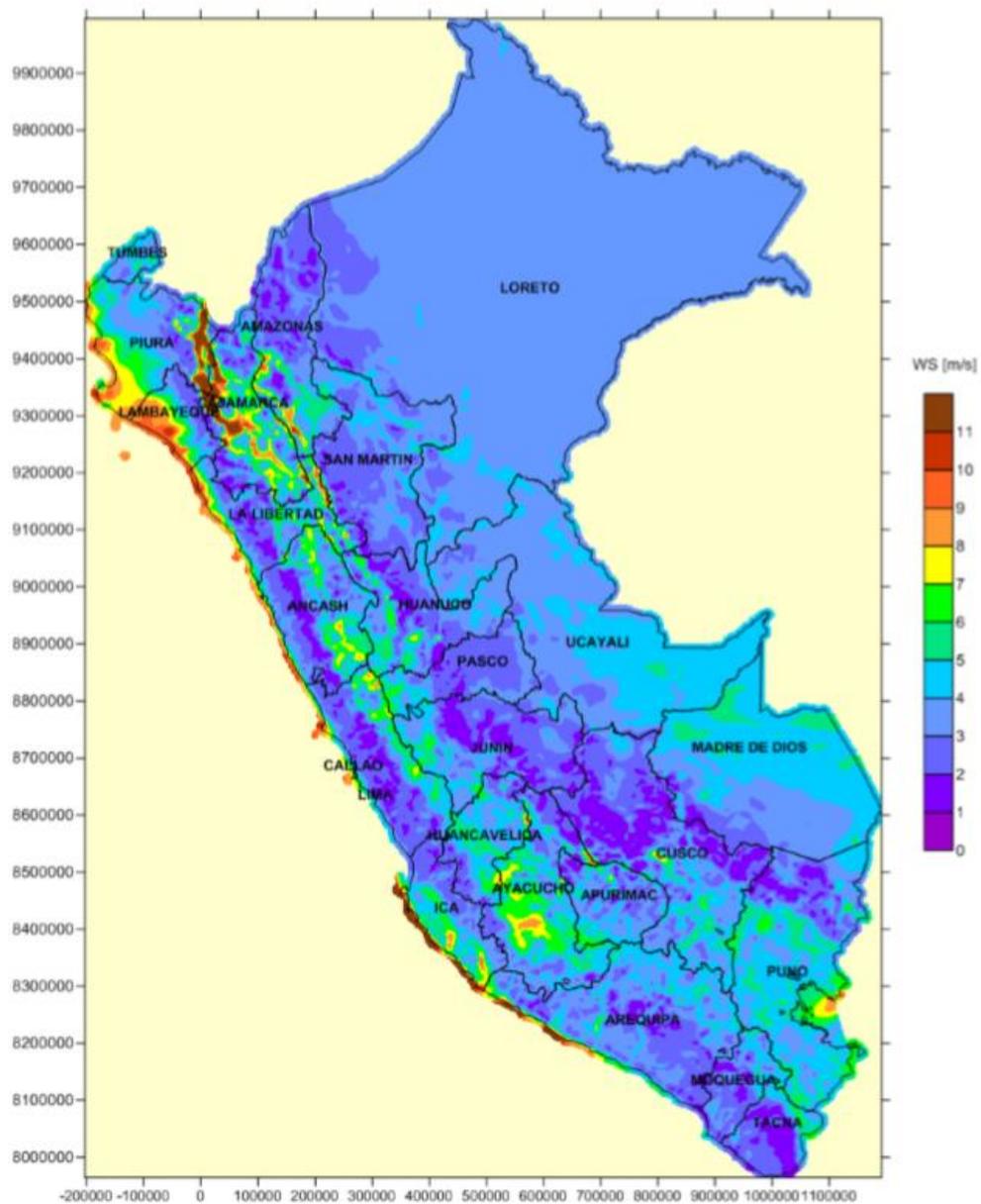
- **Peso muerto:**

Acorde a McCormac (2012), “las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar” (p.41). Como parte de estos pesos o cargas muertas se tiene a la estructura propiamente dicha, accesorios y demás.

- **Carga Eólica (W):** En este tipo de carga se considera el efecto dinámico del viento sobre la estructura de la torre y los accesorios de servicio como las antenas. Los parámetros serán regidos según la normativa TIA/EIA-222 F. Es importante tener en claro que las

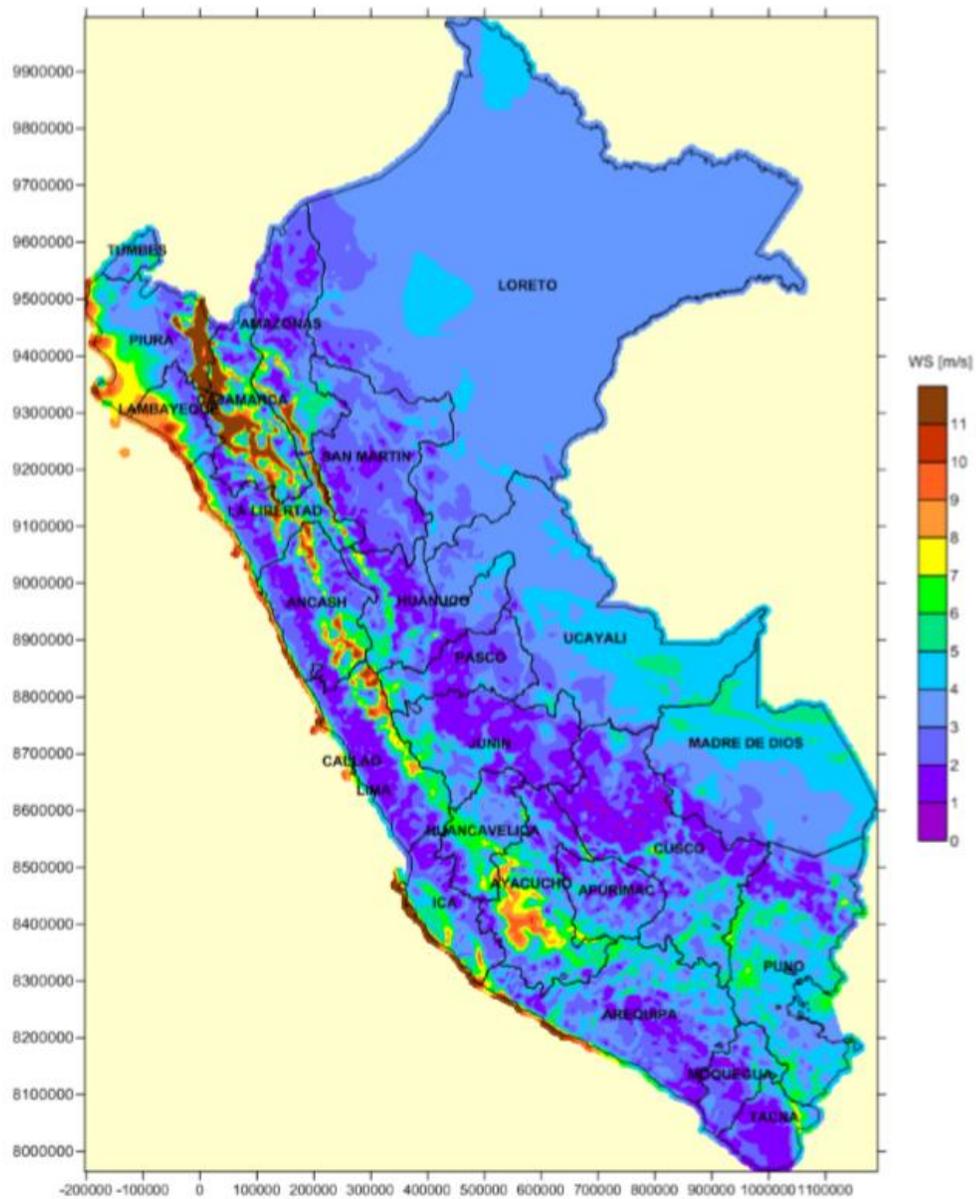
velocidades de viento consideradas en el presente trabajo de investigación y bajo las cuales son sometidas las torres en las memorias de cálculo, son como máximo de 100 kph (27.78 m/s). El cual es un dato acorde a la realidad, ya que dicha velocidad está por encima de la enunciada en el “Atlas eólico del Perú”, emitido en el 2016 por el MINEM. El cual muestra que, en los departamentos de Tumbes, Piura y Cajamarca, departamentos donde se localiza este estudio, la Velocidad media anual del viento a 125m es mayor a 11m/s. (Ver Figura 2.1 y 2.2)

FIGURA N°2. 1 Velocidad media anual del viento a 125m.



Fuente: Ministerio de Energía y Minas. (2016). Atlas Eólico del Perú. Anexo E.5. Velocidad Media Anual del Viento a 125m (pp. 137)

FIGURA N°2. 2 Velocidad media del viento en Julio a 125m.



Fuente: Ministerio de Energía y Minas. (2016). Atlas Eólico del Perú. Anexo J.7. Velocidad Media del Viento en Julio a 125m (pp. 245).

2.3.3. Parámetros de seguridad en el diseño

En la normativa TIA/EIA-222 F de 1996 (p.11) nos indica “Para las estructuras de menos de 700 ft [213 m] de altura las tensiones admisibles se pueden incrementar en 1/3 para las dos combinaciones de cargas ...”.

2.3.4. Torres de telecomunicaciones

Según Figueroa (2018), este tipo de estructuras son las más utilizadas en el mercado de las telecomunicaciones, yendo su uso desde la transmisión hasta la recepción de diferentes señales (p.18). Otro uso empleado para este tipo de estructuras es la transmisión de electricidad y señales como las de radio frecuencia.

La principal característica de estas torres es ser por lo general ligeras, estando afectada por los esfuerzos generados por el viento.

2.3.5. Tipos de torres de telecomunicaciones

Entre las más usadas actualmente tenemos:

- Torres autosoportadas

Según Vidal (2011), enuncio que “se definen como aquella estructura metálica auto estable reticulada que se puede soportar por sí misma, es decir no requiere de elementos externos para

sostenerse como el caso de las torres atirantadas, las cuales necesitan el casi del cable y / o riostras para mantenerse en ft. Este tipo de torre están diseñadas como una solución para un alto rango de aplicaciones debido a su reducido espacio y la gran altura” (p.21). Este tipo de torres es aplicable tanto en zonas urbanas como rurales, así como en montañas y zonas de difícil acceso. Según Aguirre (2017), refiero que este tipo de torres están diseñadas para una solución con un alto rango de aplicaciones, ya que se pueden colocar en un espacio reducido y gran altura, utilizándose torres con alturas desde los 24 metros hasta los 200 metros.

FIGURA N°2. 3 Torre auto soportada.



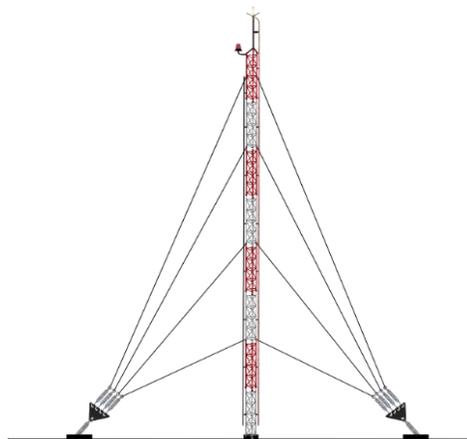
Fuente: Torretel Perú S.A.C.

- Torres ventadas

Conocidas también como torres arriostradas, son usadas generalmente en zonas urbanas por su bajo costo, fácil mantenimiento y por alcanzar alturas considerables. Una característica de este tipo de torres es el uso de arriostres para mantener su estabilidad y forma.

Aguirre (2017) refiere que este tipo de torre transmitirá un esfuerzo de compresión donde se encuentre apoyada, y los tirantes transmitirán esfuerzos de tracción, además que un factor importante a tener en cuenta para su implementación será el terreno, el cual debe ser amplio.

FIGURA N°2. 4 Torre ventada.



Fuente: Tema Fantástico S.A.

- Monopostes o Monopolos

Aplicables en zonas urbanas donde el espacio para la base es sumamente reducido en comparación al necesario para instalar torres autosoportadas o tensores para torres ventadas. Adicional a esto, el hecho de que pueden pasar desapercibidas o no desentonar con el ambiente, pudiendo agregarse publicidad a las mismas.

Aguirre (2017) refiere que este tipo de torres tiene la necesidad de vías de acceso que permita ingresar grúas para el izado o montaje de una o varias secciones de dicho poste, lo que es una desventaja.

FIGURA N°2. 5 Monoposte o monopolo.



Fuente: A.M. Aguirre Mendoza, 2017.

2.3.6. Torres de telecomunicaciones autosoportadas

Como se señaló anteriormente, este tipo de torres son usadas principalmente cuando se posee un espacio reducido y se necesita alcanzar grandes alturas. Se distinguen por no necesitar de un soporte adicional para mantener su equilibrio, como es el caso de las torres ventadas, las cuales necesitan de tensores para mantenerse erguidas. Su cimentación depende de factores como la altura de la torre, tipo de suelo (en caso sea a nivel del suelo) y la carga a soportar.

Para alturas considerables presenta una forma de embudo, comenzando con una sección que se reduce al alcanzar una altura determinada. Aguirre (2017) menciona como principales componentes de este tipo de torres: las escaleras de acceso, los sistemas de seguridad o líneas de vida, plataforma de trabajo y/o descanso, protección contra descargas y señalización nocturna o balizamiento nocturno por mencionar a los más resaltantes.

Según la sección de diseño, estas torres se subdividen en torres autosoportadas cuadradas y triangulares.

2.3.7. Torres de telecomunicaciones autosoportadas cuadrangulares

Presentan una base cuadrada la cual predomina a lo largo de toda la torre. Este tipo de diseño brinda más robustez y resistencia ante

cargas pesadas. Dependiendo de la altura estas torres pueden ser cuadrangulares rectos, para alturas pequeñas, es decir conservan sus dimensiones desde la base hasta la cima o cuadrangulares piramidales, para alturas considerables, para este caso las dimensiones del cuadrado de la base son mucho mayor al de la cima.

FIGURA N°2. 6 Torre auto soportada de sección cuadrada.



Fuente: Insop S.A.C.

2.3.8. Torres de telecomunicaciones autosoportadas triangulares

Torres de base triangular, cuya forma predomina a lo largo de toda su altura. Este tipo de torres se caracteriza su ligereza, pudiendo también tener un arreglo piramidal dependiendo de su altura.

FIGURA N°2. 7 Torre auto soportada de sección triangular.



Fuente: Mitas Telecom Systems Inc.

2.3.9. Definición de costos

Definimos costos como aquel valor necesario a llevar a cabo para realizar u obtener algún bien o servicio. Para el caso de proyectos,

se toman en cuenta varios factores técnicos y externos para la determinación del valor de inversión de las diferentes partidas que permitirán su realización.

Costos es un sistema de información que clasifica, acumula, controla y asigna los costos para determinar los costos de actividades, procesos y productos, y con ello facilitar la toma de decisiones, la planeación y el control administrativo. (Robles, 2012, p.9)

Según el Project Management Institute (2013), se recomienda que la gestión de costos del proyecto incluya los procesos relacionados con planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado (p.193).

2.3.10. ANTENA MW: Son antenas cuyo propósito es la recepción de enlaces microondas (Microwave). Este tipo de antenas son las que recibirán y retransmitirán la señal de manera direccional, los diámetros de estas dependerán de la ubicación y el rango de frecuencia a transmitir. Acorde a Huatuco y Rotalde (2008) las antenas reflectoras y en particular el reflector parabólico, son las antenas más utilizadas para este tipo de aplicaciones (p.109).

2.3.11. ANTENA RF: Referida a aquellas antenas receptoras de Radio Frecuencia (RF) cuya principal función es la de distribuir la señal recepcionada por la antena MW, esta señal traducida por la RF puede ser transmitida e interpretada igualmente por los receptores RF como por las antenas de los televisores, radios, señal de internet, etc.

2.3.12. Cargas estructurales: se definen como aquellas fuerzas que son aplicadas sobre una estructura ejerciendo una acción en específico. Acorde a McCormac (2012) estas pueden clasificarse de acuerdo con su naturaleza y duración de aplicación en cargas muertas, cargas vivas y cargas ambientales (p.41).

2.3.13. Software de diseño: son las herramientas de cálculo que se toman como referencias a la hora de contrastar resultados con las normas estructurales vigentes.

- **SAP 2000:** Es un software especializado para el análisis estructural. Según la Escuela Técnica Especializada en Ingeniería, Arquitectura y Construcción (EADIC, 2015) se define el SAP 2000 como “Un programa comercial de cálculo de estructuras basado en el Método de los Elementos Finitos (MEF)”. En el presente trabajo dicho software se utilizó para el cálculo de las planchas base de las torres de telecomunicaciones.

- **MS Tower:** según el propio manual de usuario de este software, MS Tower es un programa especializado que asiste en el análisis y verificación de torres de transmisión de energía y comunicación de acero, monopolos y mástiles guiados. MS Tower contiene opciones para definir la geometría, la carga, el análisis, el trazado de los datos iniciales, resultados y revisión de los miembros estructurales (p.1).

2.4. Marco Normativo

Para el presente trabajo se tomaron en consideración las siguientes normas:

- 2.4.1.** Structural Standar for Steel Antenna Towers an Antenna Supporting Structures TIA/EIA-222 F (1996).
- 2.4.2.** Specification for Structural Steel Buildings Allowable Stress Design and Plastic Design, June 1989 (AISC-ASD-89).
- 2.4.3.** Guide to design Criteria for Bolted and riveted join (Kulak, Fisher, Struik) Research Council on Structural Connections -1987
- 2.4.4.** American Institute of Steel Construction – Specification for Structural Steel Buildings - ANSI/AISC 360-10.
- 2.4.5.** Reglamento Nacional de Edificaciones E-090.

- 2.4.6.** Base Plate and Anchor Rod Design. Steel Design Guide #01.
Segunda edición 2006.

2.5. Definición de términos básicos

- 2.5.1.** Ratio: Es el factor de referencia del esfuerzo sometido respecto al esfuerzo máximo permisible de un elemento según las normas de diseño, para ser considerado como un ratio permisible debería estar entre los valores de 0 a 1.
- 2.5.2.** ANSI: American National Standards Institute es una organización sin fines de lucro que supervisa el cumplimiento de los estándares internacionales.
- 2.5.3.** AISC: American Institute of Steel Construction la cual es una norma que establece criterios para el diseño, fabricación y montaje de obras de acero estructura y otros tipos de estructuras.
- 2.5.4.** TIA/EIA-222 F: análisis y diseño estructural de torres auto soportada tipo celosía, nos hace referencia al uso del método ASD (Allowable Stress Design).
- 2.5.5.** Montantes: Perfiles de las torres de telecomunicaciones que tienen la función como columnas o parantes, usualmente su disposición es vertical y con una ligera inclinación.

2.5.6. Horizontales: Perfiles de las torres de telecomunicaciones que tienen la función como tirantes horizontales, usualmente su disposición es horizontal.

2.5.7. Diagonales: Perfiles de las torres de telecomunicaciones que tienen la función como tirantes diagonales, usualmente su disposición es inclinada y entre horizontales.

CAPITULO III

VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la investigación

Variable I: Diseño estructural de torres de telecomunicaciones

Variable II: Costos de fabricación

3.2. Operación de variables

TABLA N° 3. 1 Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Diseño estructural	Parámetros básicos	Condiciones geométricas, análisis de cargas.
	Análisis estructural	Resistencia, rigidez y estabilidad.
	Evaluación estructural	Resistencia, rigidez y estabilidad permisible acordes con la norma TIA/EIA-222F.
Costo de fabricación	Costos Directos	Materia prima Mano de obra Gastos de fabricación
	Costos Indirectos	Materiales indirectos Mano de obra indirecta Gastos de transporte

Fuente: Elaboración propia

3.2. Hipótesis

3.2.1. Hipótesis general

Al realizar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autoportadas de geometría cuadrada y triangular mediante el método de esfuerzos permisibles y el cumplimiento de la normativa TIA/EIA-222 F, permitirá la incidencia significativamente en sus costos de fabricación en el proyecto regional de banda ancha.

3.2.2. Hipótesis Específicas

- Si se realiza el diseño estructural comparativo se podrá garantizar el cumplimiento de esfuerzos, rigidez y estabilidad según la norma TIA/EIA-222 F de todos los elementos estructurales de las torres de telecomunicaciones autoportadas del tipo cuadrangular y triangular.
- Si se realiza el análisis comparativo de los costos de fabricación en base al peso de la estructura de los diseños estructurales de las torres de telecomunicaciones del tipo cuadrangular y triangular, se podrá demostrar la incidencia del costo de fabricación de las torres de ambos tipos.

- El validar el diseño estructural comparativo de las torres autoportadas triangulares y cuadradas mediante el uso de los softwares MS TOWER y SAP 2000, nos brindarán resultados acordes a la norma TIA/EIA-222 F.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Tipo de investigación

Según Espinoza (2014), enuncio que “La investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad. Sus niveles son la experimentación y la aplicación” (p.90).

La presente investigación es de tipo tecnológica ya que aplicamos el conocimiento científico para realizar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones, optimizando los costos de fabricación del proyecto y de esta manera fomentar este tipo de inversión, logrando la conectividad de las localidades del Perú.

4.2. Diseño de la investigación

Según Espinoza (2014), enunció que una investigación descriptiva comparativa “Recoge información actualizada de varias muestras sobre un mismo objeto de investigación y lo caracteriza sobre la base de una comparación. Sirve para estudios de diagnóstico descriptivo comparativos, caracterizaciones sobre la base de varios factores” (p.90).

Diagrama:

$$M_1 \rightarrow O_1$$

$$M_2 \rightarrow O_2$$

$$M_3 \rightarrow O_3$$

$$M_n \rightarrow O_n$$

Donde:

M_1, M_2, M_3, M_n = representa cada muestra de estudio.

O_1, O_2, O_3, O_n = representa los costos de las torres de diseño cuadrado.

Comparación entre cada una de las muestras, pudiendo ser semejantes (\approx), iguales ($=$) o diferentes (\neq).” (p.93)

El presente trabajo presenta un diseño de investigación del tipo descriptivo comparativo, ya que se recogió la información referente a los costos de fabricación en base a los resultados de la comparación del diseño estructural de las torres autosoportadas de sección triangular y cuadrada.

Donde en la presente investigación el diagrama tiene la siguiente estructura:

$$M_1 \rightarrow O_1$$

$$M_2 \rightarrow O_2$$

M_1 = representa las torres de diseño cuadrado.

M_2 = representa las torres de diseño triangular.

O_1 = representa los costos de las torres de diseño cuadrado.

O_2 = representa los costos de las torres de diseño triangular.

4.3. Población y Muestra

Según Balestrini (2006) definió que “la población es el conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos, que presentan características comunes” (p. 137)

Según Barrera (2008), enunció que “no hace falta hacer un muestreo cuando la población es conocida y se puede identificar a cada uno de sus integrantes, la población, además de ser conocida es accesible, es decir, es posible ubicar a todos los miembros y la población es relativamente pequeña, de modo que puede ser abarcada en el tiempo y con los recursos del investigador “(p. 142)

La población de la presente de esta investigación nos representó los 18 modelos de torres de telecomunicaciones autosoportadas de sección cuadrangular y 18 modelos de sección triangular, los cuales fueron instalados en las regiones de Piura, Tumbes y Cajamarca. En la presente investigación la muestra es igual a la población dado que nuestra

población es conocida y se puede identificar a cada una de sus integrantes.

4.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para la presente tesis se empleó las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

TABLA N° 4. 1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TECNICA	INSTRUMENTO
Documental	Fichas electrónicas

Fuente: Elaboración propia

Según Espinoza (2014), enunció que “La técnica documental permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación. Está formada por documentos de diferente tipo: revistas, memorias, actas, registros, datos e información estadísticas y cualquier documento de instituciones y empresas que registran datos de su funcionamiento “(p.107).

La presente investigación tiene una técnica documental, ya que tenemos como documentación recolectada las memorias de cálculo del proyecto inicial, estadísticas actuales de no conectividad en el país y datos de inversiones futuras de este tipo de proyectos.

Los instrumentos de recolección de datos en la presente investigación fueron fichas electrónicas, las cuales nos han permitido determinar información de antecedentes, marco teórico, normas y códigos de diseño y datos geográficos como la velocidad de viento.

FIGURA N° 4. 1 Modelo de inserción de cita en MS Word 2016

Crear fuente

Tipo de fuente bibliográfica: Libro

Idioma: Predeterminado

Campos bibliográficos de APA

Autor: [] Editar

Autor corporativo []

Título: []

Año: []

Ciudad: []

Editorial: []

Mostrar todos los campos bibliográficos

Nombre de etiqueta: MarcadorDePosición

Aceptar Cancelar

Fuente: Captura de pantalla en Ms Word 2016

Las fichas electrónicas de libros nos ayudaron a referenciar la fuente de donde sustentamos el marco teórico y términos utilizados en la presente investigación.

Las fichas electrónicas de tesis nos ayudaron a referenciar los estudios previos que aportaron conocimientos y métodos de cálculos para la presente investigación.

Las fichas electrónicas de mapas eólicos nos ayudaron a referenciar información geográfica que confirma que los parámetros de diseño respecto a la velocidad de viento están por encima de las condiciones de operación, lo cual nos mantiene en el margen de un correcto diseño con parámetros adecuados de carga eólica.

4.5. Procedimiento de recolección de datos

Se recolectó los parámetros eólicos del proyecto original considerando el diseño de torres cuadradas, esta información fue contrastada con los mapas eólicos de las regiones del año 2016.

Se recolectó los parámetros de cargas por las antenas de telecomunicaciones del proyecto original que consideró el diseño de torres cuadradas. Para procesar esa información antes mencionada se hizo uso de tablas dinámicas del software Microsoft Excel.

4.6. Procesamiento estadístico y análisis de datos

No se requiere procedimiento estadístico para realizar el análisis estructural, dado que está basado en diseño estructural y relacionarlo a sus costos de fabricación. Para el análisis de datos se hizo uso del software MS TOWER y SAP 2000.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Evaluación del diseño estructural de las torres

Los cálculos de las torres han sido evaluados como estructuras en Ms Tower y las placas base para el anclaje en SAP 2000.

Para efectos de la evaluación se considera las fuerzas producidas por la acción del viento, como la condición más desfavorable para este tipo de estructuras.

Por requerimiento del cliente, se ha considerado como velocidad de viento lo siguiente:

- Velocidad operacional: $V = 75 \text{ Km/hr.}$
- Velocidad de supervivencia: $V = 100 \text{ Km/hr.}$

Perfiles angulares y planchas metálicas: ASTM A-36, con resistencia mínima a la fluencia $F_y = 2,530 \text{ k/cm}^2$ (36 ksi) y resistencia última mínima de tensión $F_u = 4,078 \text{ k/cm}^2$ (58 ksi).

Pernos de alta resistencia: ASTM-A325, con resistencia mínima a la fluencia $F_y = 6,468 \text{ k/cm}^2$ (92 ksi) y resistencia última mínima de tensión $F_u = 8,437 \text{ k/cm}^2$ (120 ksi). Valores para pernos de $\frac{1}{2}$ " a 1".

Tuercas hexagonales pesadas ASTM A563 Grado C.

Arandelas de acero endurecido ASTM F436.

Soldadura: Electrodo E 70 XX.

Factor de dilatación: 1.2×10^{-5} por grado centígrado lineal.

Sistema de protección frente a la corrosión: La estructura de la torre está compuesta por elementos galvanizados por inmersión en caliente.

Las combinaciones de cargas aplicadas para el diseño son definidas de acuerdo con el Código Americano de Telecomunicaciones TIA/EIA-222 F:

1ra Combinación: $1.0D + 1.0W_o$

2da Combinación: $1.0D + 0.75W_i + I$

Ecuación N° 5. 1 Combinación de cargas aplicadas en el diseño de torres de telecomunicaciones.

Donde:

D: Carga muerta de la estructura y accesorios.

D_i: Carga Muerta incluyendo el espesor factorado de hielo (sobre elementos estructurales y sobre accesorios).

W_o: Carga eólica sin hielo

W_i: Carga eólica con hielo

I: Peso del hielo

Para el presente caso no se está considerando, las cargas muertas con hielo (Di) y las cargas eólicas con hielo (Wi).

Se debe considerar lo indicado en la Norma E.090 de construcción 2006 “No se considerará que el viento y sismo actúan simultáneamente” (p. 52).

Para el cálculo de la estructura se ha considerado un análisis tridimensional y las fuerzas producto del viento se han aplicado a 0°,30°, 60°, 90°,120°,150°,180°, 210°,240°, 270°,300° y 330°.

Las siguientes fórmulas para el cálculo estructural son detalladas según la norma TIA/EIA-222-F.

$$q_z = 0.613K_zV^2(\text{Pa})$$

Ecuación N° 5. 2 Presión de Velocidad

Donde:

$K_z = [Z/10]^{2/7}$ Coeficiente de exposición

$$1.00 \leq K_z \leq 2.58$$

V: Velocidad básica del viento (m/s)

z: Altura por encima del nivel medio del terreno hasta el punto medio de la sección (m)

$$G_h = 0.65 + 0.6[Z/10]^{1/7} \text{ Coeficiente de exposición, } 1.00 \leq G_h \leq 1.25$$

Ecuación N° 5. 3 Factor de ráfaga para estructuras reticulares

Para estructuras monopolo: $G_h = 1.69$

$$C_F = 3.4e^2 - 4.7e + 3.4 \quad \text{Secciones triangulares}$$

Ecuación N° 5. 4 Coeficiente de fuerza para estructuras reticuladas

Donde:

$$e = \text{relación de solidez} = \frac{A_F + A_R}{A_G}$$

A_F = Área proyectada de los componentes estructurales planos en una cara de la sección (m²).

A_R = Área proyectada de los componentes estructurales circulares en una cara de la sección (m²).

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

Área Efectiva Proyectada:

TABLA N° 5. 1 Factores de dirección del viento.

Factores de dirección del viento					
Sección transversal de la torre	Cuadrada		Triangular		
Dirección del viento	Normal	$\pm 45^\circ$ *	Normal	60° *	$\pm 90^\circ$ *
D_F	1,0	$1+0,75e$ (1,2 máx.)	1,0	0,80	0,85
D_R	1,0	$1+0,75e$ (1,2 máx.)	1,0	1,0	1,0

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

Fuente: Norma TIA/EIA–222 F.

Coeficiente de fuerza para un accesorio lineal: El coeficiente de fuerza (C_A), se determina a partir de la tabla 3 de la especificación:

TABLA N° 5. 2 Coeficientes de fuerzas para accesorios.

Coeficientes de fuerza para accesorios		
Tipo de miembro	Relación de aspecto ≤ 7	Relación de aspecto ≥ 25
	C_A	C_A
Plano	1,4	2,0
Cilíndrico	0,8	1,2

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

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

Fuente: Norma TIA/EIA–222 F.

Fuerza de viento horizontal sobre la estructura: Fuerza aplicada a cada sección de la estructura, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F = q_z G_H [C_F A_E + \sum C_A A_A] (N) \leq 2 q_z G_H A_G$$

Ecuación N° 5. 5 Fuerza de viento horizontal sobre una estructura

Donde:

A_A : Area proyectada de un accesorio lineal (m^2)

Fuerza de viento horizontal sobre antenas MW:

De acuerdo con la norma TIA/EIA, las fórmulas para calcular las cargas de viento sobre las antenas MW, son las siguientes:

$$\left\{ \begin{array}{l} HA = C_A \times (K_Z \times G_H \times A \times V^2), (lb) \\ HS = C_S \times (K_Z \times G_H \times A \times V^2), (lb) \\ M = CM \times D \times (K_Z \times G_H \times A \times V^2), (lb \times ft) \\ k_z = \left(\frac{Z}{33}\right) \times \frac{2}{7}, (Z, ft) \\ G_H = 0.65 + \frac{0.60}{H} \times \frac{1}{7}, (H, ft) \end{array} \right. , \text{ ó}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} HA = 24,7177 \times C_A \times (K_Z \times G_H \times A \times V^2), \left(V \left(\frac{m}{s}\right); A (m^2)\right) \\ k_z = \left(\frac{Z}{10}\right) \times \frac{2}{7}, (Z, m) \\ G_H = 0.65 + \frac{0.60}{H} \times \frac{1}{7}, (H, m) \end{array} \right.$$

Ecuación N° 5. 6 Fórmulas para cálculo de cargas de viento en antenas

MW.

Donde;

HA = Fuerza axial actuando a lo largo del eje de la antena.

Hs = Fuerza lateral actuando perpendicular al eje de la antena.

M = Momento de giro en el plano que actúan HA y HS.

A = área exterior de antena parabólica.

D= Diámetro exterior de antena parabólica.

C_A , C_S y C_M son coeficientes contenidos en tablas B1 a B6 en anexo B de las normas TIA/EIA-222-F.

5.2. Torre representativa del Proyecto

A continuación, se detalla la memoria de cálculo de la torre más representativa del proyecto, en la cual obtuvimos un mayor ahorro en peso y por ende en costo de fabricación.

5.2.1. Datos básicos

En este apartado se desarrollará la serie de cálculos llevados a cabo para cada una de las torres a fin de determinar su viabilidad para el proyecto. Pero dado lo repetitivo de este procedimiento, el cual se emplea de igual manera para todos los tipos de torres, se desarrollará la torre del tipo autoportada de sección triangular de 72.00m de altura. Las secciones transversales de todos los elementos de la torre serán ángulos laminados en caliente de acero A-36.

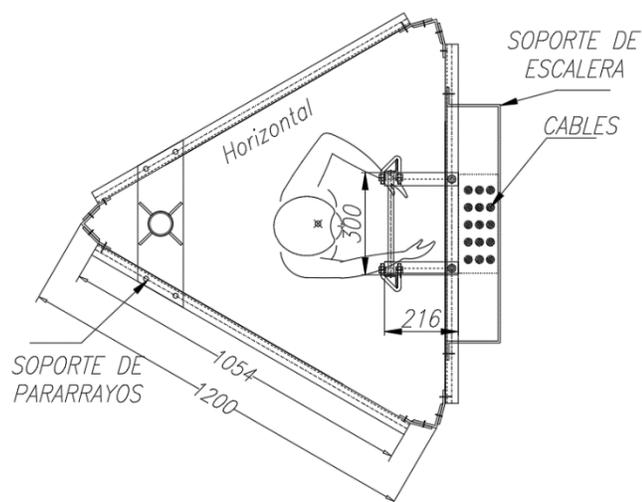
TABLA N° 5. 3 Cuadro de perfiles torre de 72m.

TORRE h=72m - CUADRO DE PERFILES					
CUERPO	ALTURA (m)	MONTANTES	DIAGONALES	HORIZONTALES	TECHOS
01	6.00	L 2"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	
02	6.00	L 2.5"x $\frac{1}{4}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	
03	6.00	L 4"x $\frac{1}{4}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	
04	6.00	L 5"x $\frac{3}{8}$ "	L 1.5"x $\frac{1}{4}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	
05	6.00	L 5"x $\frac{1}{2}$ "	L 2"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	
06	6.00	L 5"x $\frac{5}{8}$ "	L 2"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	
07	6.00	L 5"x $\frac{5}{8}$ "	L 2"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "
08	6.00	L 6"x $\frac{1}{2}$ "	L 1.5"x $\frac{1}{4}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "
09	6.00	L 6"x $\frac{1}{2}$ "	L 1.5"x $\frac{1}{4}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "
10	6.00	L 6"x $\frac{1}{2}$ "	L 1.5"x $\frac{1}{4}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.75"x $\frac{3}{16}$ "
11	6.00	L 6"x $\frac{1}{2}$ "	L 2"x $\frac{3}{16}$ "	L 1.5"x $\frac{3}{16}$ "	L 2"x $\frac{3}{16}$ "
12	6.00	L 6"x $\frac{1}{2}$ "	L 2"x $\frac{1}{4}$ "	L 1.5"x $\frac{1}{4}$ "	L 2.5"x $\frac{3}{16}$ "

Fuente: Elaboración Propia

Las conexiones serán emperradas, de tipo aplastamiento. La sección transversal de la torre se mantiene constante desde 1.20m hasta el sexto cuerpo, con un lado de 1.20m, y a partir del séptimo cuerpo aumenta a 4.8m.

FIGURA N° 5. 1 Vista de planta sección de torre de 72m.



Fuente; Elaboración Propia

Cargas a las que será sometida la estructura:

Antenas MW:

INTERNAL

- 01 Antena MW 1.00m, fijada a la torre mediante mástiles de Ø3" x 1.00m.

Altura de instalación: 72.00m.

Antenas RF:

- 03 antena RF (0.16m x 0.12m x 0.82m) fijada a la torre mediante mástiles

de Ø2" x 1.50m. Altura de instalación: 70.00m.

Equipos RRU:

- 03 equipos RRU (0.14m x 0.14m x 0.29m). Altura de instalación: 69.00m.

5.2.2. Ingreso de geometría de la torre en MS Tower

TITL1 TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR DE 72-T1

TITL2

UNITS 1

PROFILE

FACES 3

WBASE 4.8

RLBAS 0.00

PANEL 1 HT 1 tw 1.2

INTERNAL

FACE DM SPACE 6 @ 1 LEG 13 BR1 10 H1 10

BOLT LEG 8 A325-1/2-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2 R1 2 A325-1/2 R2
2 A325-1/2

PANEL 2 HT 1

FACE DM SPACE 6 @ 1 LEG 15 BR1 10 H1 10

BOLT LEG 8 A325-1/2-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2 R1 2 A325-1/2 R2
2 A325-1/2

PANEL 3 HT 1

FACE DM SPACE 6 @ 1 LEG 21 BR1 10 H1 10

BOLT LEG 8 A325-1/2-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2 R1 2 A325-1/2 R2
2 A325-1/2

PANEL 4 HT 1

FACE DM SPACE 6 @ 1 LEG 28 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-1/2-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2 R1 2 A325-1/2 R2
2 A325-1/2

INTERNAL

PANEL 5 HT 1

FACE DM SPACE 6 @ 1 LEG 29 BR1 13 H1 10

BOLT LEG 8 A325-5/8-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2 R1 2 A325-1/2 R2
2 A325-1/2

PANEL 6 HT 1

FACE DM SPACE 6 @ 1 LEG 30 BR1 13 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2 R1 2 A325-1/2 R2
2 A325-1/2

PANEL 7 HT 2.00 TW 1.2

FACE XH1 LEG 30 BR1 13 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 10 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 8 HT 2.00

INTERNAL

FACE XH1 LEG 30 BR1 13 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 10 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 9 HT 2.00

FACE XH1 LEG 30 BR1 13 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 10 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 10 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 10 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

INTERNAL

PANEL 11 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 10 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 12 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 10 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 13 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 10 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

INTERNAL

PANEL 14 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 10 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 15 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 10 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 16 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 12 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

INTERNAL

PANEL 17 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 12 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 18 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 11 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 12 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 19 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 13 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 13 PB2 10

INTERNAL

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 20 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 13 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 13 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 21 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 13 H1 10

BOLT LEG 8 A325-3/4-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 13 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 22 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 35 H1 11

BOLT LEG 8 A325-1-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

INTERNAL

PLAN PT2 PB1 14 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 23 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 35 H1 11

BOLT LEG 8 A325-1-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 14 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

PANEL 24 HT 2.00

FACE XH1 LEG 34 BR1 35 H1 11

BOLT LEG 8 A325-1-2 BR1 2 A325-1/2 H1 2 A325-1/2

PLAN PT2 PB1 14 PB2 10

BOLT PB1 2 A325-1/2 PB2 2 A325-1/2

END

SECTIONS

INTERNAL

LIBR P:IMP IFACT 1.0

10 EA1.5x1.5x3/16 Y FY 250 BH 14 \$1/8

11 EA1.5x1.5x1/4 Y FY 250 BH 14

12 EA1.75x1.75x3/16 Y FY 250 BH 14

13 EA2x2x3/16 Y FY 250 BH 14

35 EA2x2x1/4 Y FY 250 BH 14

14 EA2.5x2.5x3/16 Y FY 250 BH 14 \$1/4

15 EA2.5x2.5x1/4 Y FY 250 BH 14

36 EA3x3x3/16 Y FY 250 BH 14

17 EA3x3x1/4 Y FY 250 BH 14

18 EA3x3x3/8 Y FY 250 BH 18

19 EA3x3x5/16 Y FY 250 BH 18

20 EA3.5x3.5x3/8 Y FY 250 BH 18

21 EA4x4x1/4 Y FY 250 BH 14

22 EA4x4x5/16 Y FY 250 BH 14

23 EA4x4x3/8 Y FY 250 BH 14

24 EA4x4x7/16 Y FY 250 BH 14

INTERNAL

25 EA4x4x1/2 Y FY 250 BH 16
26 EA4x4x9/16 Y FY 250 BH 16
27 EA4.5x4.5x3/8 Y FY 250 BH 16
28 EA5x5x3/8 Y FY 250 BH 16
29 EA5x5x1/2 Y FY 250 BH 16
30 EA5x5x5/8 Y FY 250 BH 20
31 EA6x6x3/8 Y FY 250 BH 20
32 EA6x6x5/8 Y FY 250 BH 20
33 EA7x7x5/8 Y FY 250 BH 20
34 EA6x6x1/2 Y FY 250 BH 20

END

BOLTDATA

A325-11/4 A325 D 31.75 AS 791.7 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 \$\$ HOLE

SIZE 32mm

A325-1 A325 D 25.4 AS 506.7 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 \$\$ HOLE

SIZE 27

INTERNAL

A325-3/4 A325 D 19.05 AS 285 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 \$\$ HOLE
SIZE 21

A325-5/8 A325 D 15.875 AS 197.9 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 \$\$ HOLE
SIZE 18

A325-1/2 A325 D 12.7 AS 126.6 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 \$\$ HOLE
SIZE 14

A325-3/8 A325 D 9.525 AS 70.9 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 \$\$ HOLE
SIZE 11

\$\$ BOLTS IN DOUBLE SHEAR

A325-11/4-2 A325 D 31.75 AS 791.7 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 \$\$
HOLE SIZE 32mm

A325-1-2 A325 D 25.40 AS 506.7 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 \$\$
HOLE SIZE 27

A325-3/4-2 A325 D 19.05 AS 285 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 \$\$
HOLE SIZE 19

A325-5/8-2 A325 D 15.875 AS 197.9 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 \$\$
HOLE SIZE 16

INTERNAL

A325-1/2-2 A325 D 12.7 AS 126.6 FY 300 FU 500 FV_EIA 125 NSP 2 \$\$

HOLE SIZE 13

END

END

INGRESO DE CARGAS A LA ESTRUCTURA

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

VB 27.78 \$ ENTER SITE WINDSPEED HERE MEAN

HOURLY, GUST or FASTEST MILE, adjusted for height

OVERLAP 1 \$ Allow for the overlap of members

END

LOADS

CASE 100 Weight of tower plus ancillaries

INTERNAL

DL

\$ TODO - any additional NDLDs go here

CASE 200 wind at 0 to X axis

WL ANGLX 0.0 NOICE

CASE 205 wind at 30 to X axis

WL ANGLX 30.0 NOICE

CASE 210 wind at 60 to X axis

WL ANGLX 60.0 NOICE

CASE 220 wind at 90 to X axis

WL ANGLX 90.0 NOICE

CASE 230 wind at 120 to X axis

WL ANGLX 120.0 NOICE

CASE 240 wind at 150 to X axis

WL ANGLX 150.0 NOICE

CASE 250 wind at 180 to X axis

WL ANGLX 180.0 NOICE

CASE 260 wind at 210 to X axis

INTERNAL

WL ANGLX 210.0 NOICE

CASE 270 wind at 240 to X axis

WL ANGLX 240.0 NOICE

CASE 280 wind at 270 to X axis

WL ANGLX 270.0 NOICE

CASE 290 wind at 300 to X axis

WL ANGLX 300.0 NOICE

CASE 300 wind at 330 to X axis

WL ANGLX 330.0 NOICE

\$=====COMBINACIONES DE CARGA=====

CASE 500 Max. tower weight

COMBIN 100 1.200

CASE 510 CARGA: wind at 0 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 200 1.000

CASE 515 CARGA: wind at 30 to X axis

COMBIN 100 1.20

INTERNAL

COMBIN 205 1.000

CASE 520 CARGA: wind at 60 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 210 1.000

CASE 530 CARGA: wind at 90 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 220 1.000

CASE 540 CARGA: wind at 120 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 230 1.000

CASE 550 CARGA: wind at 150 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 240 1.000

CASE 560 CARGA: wind at 180 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 250 1.000

CASE 570 CARGA: wind at 210 to X axis

INTERNAL

COMBIN 100 1.20

COMBIN 260 1.000

CASE 580 CARGA: wind at 240 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 270 1.000

CASE 590 CARGA: wind at 270 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 280 1.000

CASE 600 CARGA: wind at 300 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 290 1.000

CASE 610 CARGA: wind at 330 to X axis

COMBIN 100 1.20

COMBIN 300 1.000

END

ANCILLARIES

INTERNAL

\$ DUMMY ENTRIES FOR GUIDENCE ONLY

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

\$PLATAFORMA DE TRABAJO

\$=====

\$TRABAJ1 XA 0.0 YA 0.0 ZA 28.50 LIB SWANN-C1-N ANG 0

\$DESCAN1 XA 0.0 YA 0.0 ZA 13.00 LIB IC-502D-N ANG 0

\$PLATDESC1-N XA 0.0 YA 0.0 ZA 25.013 LIB PLATDESC1-N ANG 0

\$Antenas MW

\$=====

DISH-1 XA 0.6 YA .80 ZA 72.0 LIB SH1PR-RAC1.0 ANG 0

\$DISH-2 XA 0.25 YA 0.00 ZA 14.0 LIB SH1PR-RAC1.0 ANG 0

\$DISH-2 XA 0.25 YA 0.80 ZA 13.5 LIB SH1PR-RAC0.6 ANG 0

\$DISH-2 XA -0.35 YA 0.00 ZA 15.0 LIB SH1PR-RAC0.6 ANG 180

\$DISH-3 XA 0.7 YA 1.2 ZA 36.0 LIB SH1PR-RAC1.8 ANG 0

\$DISH-4 XA 0.7 YA -1.20 ZA 36.0 LIB SH1PR-RAC1.8 ANG 0

\$DISH-5 XA 0.7 YA 1.20 ZA 34.0 LIB SH1PR-RAC1.8 ANG 0

\$ANTENAS RF

INTERNAL

\$=====

SECTOR-1A XA 0.6 YA 1.0 ZA 70.00 LIB A0142-BTS ANG 0

SECTOR-2A XA 0.6 YA 0.00 ZA 70.00 LIB A0142-BTS ANG 0

SECTOR-3A XA 0.6 YA -1.0 ZA 70.00 LIB A0142-BTS ANG 0

\$EQUIPOS Y RRU

\$=====

SECTOR-1B XA 0.6 YA 1.0 ZA 69.00 LIB A0142-RAD ANG 0

SECTOR-2B XA 0.6 YA 0.00 ZA 69.00 LIB A0142-RAD ANG 0

SECTOR-3B XA 0.6 YA -1.0 ZA 69.00 LIB A0142-RAD ANG 0

LINEAR LIBR P:LIN.LIB

FDR-GRP1 XB 0.00 YB 0.00 ZB 0 ZT 71.0 LIB FDR9 FACT 10 ANG 0

FDR-GRP2 XB 0.00 YB 0.00 ZB 0 ZT 70.0 LIB FDR20 FACT 2 ANG 0

LADDER1 XB 0.55 YB 0.0 ZB 0 ZT 72.0 LIB H-LADDER FACT 1 ANG 0

END

END

RESULTADOS DE CALCULO ESTRUCTURAL

MSTOWER V6 Member checking to EIA-222-F (080909)

INTERNAL

Job: FITEL - TAT 72-T1

Title: TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR DE 72-T1

Date: 03-AUG-19 15:33:40

-- 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

205 N WIND AT 30 TO X AXIS

210 N WIND AT 60 TO X AXIS

220 N WIND AT 90 TO X AXIS

230 N WIND AT 120 TO X AXIS

240 N WIND AT 150 TO X AXIS

250 N WIND AT 180 TO X AXIS

260 N WIND AT 210 TO X AXIS

270 N WIND AT 240 TO X AXIS

280 N WIND AT 270 TO X AXIS

INTERNAL

290 N WIND AT 300 TO X AXIS
300 N WIND AT 330 TO X AXIS
500 Y MAX. TOWER WEIGHT
510 Y CARGA: WIND AT 0 TO X AXIS
515 Y CARGA: WIND AT 30 TO X AXIS
520 Y CARGA: WIND AT 60 TO X AXIS
530 Y CARGA: WIND AT 90 TO X AXIS
540 Y CARGA: WIND AT 120 TO X AXIS
550 Y CARGA: WIND AT 150 TO X AXIS
560 Y CARGA: WIND AT 180 TO X AXIS
570 Y CARGA: WIND AT 210 TO X AXIS
580 Y CARGA: WIND AT 240 TO X AXIS
590 Y CARGA: WIND AT 270 TO X AXIS
600 Y CARGA: WIND AT 300 TO X AXIS
610 Y CARGA: WIND AT 330 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:

f_y = yield stress

n_b = 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.

INTERNAL

* = 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.

|-----Compression-----| |-----Tension-----| |-----

-----Bolts-----|

Pnl	Members	Typ	Size	fy	nb	Case	P	f	C	KL/r	F	f/F	Case	P	f	F	f/F	Case	
P	Grade	Type	Cap	P/Cap															
1	21-	26	LEG	EA2X2X3/16	250	8	580	16	35	4	133v	77	0.456	520	12	31	200	0.156	580
16	A325	2S	306	0.052															
1	41-	46	LEG	EA2X2X3/16	250	8	510	16	36	4	133v	77	0.466	560	13	35	200	0.173	510
16	A325	2S	306	0.053															
1	54-	59	LEG	EA2X2X3/16	250	8	540	16	36	4	133v	77	0.465	600	13	33	200	0.167	540
16	A325	2S	306	0.053															
1	8		BRC	EA1.5X1.5X3/16	250	2	540	1	4	10	176v	44	0.095	600	1	5	200	0.025	540
	A325	1S	42	0.034															

1 9 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 2 5 10 176v 44 0.118 540 2 7 200 0.034 540 2
A325 1S 42 0.044

1 10 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 3 9 10 176v 44 0.197 600 3 10 200 0.051 540
3 A325 1S 42 0.070

1 11 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 590 3 10 10 176v 44 0.228 530 4 13 200 0.066 530
4 A325 1S 42 0.085

1 12 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 4 13 10 176v 44 0.285 590 4 15 200 0.074 540
4 A325 1S 42 0.102

1 13 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 590 4 13 10 176v 44 0.298 530 5 17 200 0.085 530
5 A325 1S 42 0.110

1 28 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 1 4 10 176v 44 0.097 510 2 7 200 0.034 510 2
A325 1S 42 0.044

1 29 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 2 7 10 176v 44 0.165 560 2 7 200 0.037 510 2
A325 1S 42 0.059

1 30 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 570 3 7 10 176v 44 0.169 510 3 11 200 0.055 510
3 A325 1S 42 0.071

1 31 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 4 11 10 176v 44 0.260 560 3 12 200 0.061 510
4 A325 1S 42 0.093

1 32 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 570 4 11 10 176v 44 0.250 510 4 16 200 0.078 510
4 A325 1S 42 0.101

1 33 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 5 14 10 176v 44 0.319 570 4 15 200 0.077 510
5 A325 1S 42 0.114

1 48 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 530 0 0 10 176v 44 0.011 580 0 1 200 0.003 530 0
A325 1S 42 0.004

1	49	BRC EA1.5X1.5X3/16	250	2	550	0	1	10	176v	44	0.031	610	1	2	200	0.009	610	1	
A325	1S	42	0.012																
1	50	BRC EA1.5X1.5X3/16	250	2	510	1	4	10	176v	44	0.093	560	1	5	200	0.023	510	1	
A325	1S	42	0.033																
1	51	BRC EA1.5X1.5X3/16	250	2	550	2	5	10	176v	44	0.121	610	2	7	200	0.034	610	2	
A325	1S	42	0.044																
1	52	BRC EA1.5X1.5X3/16	250	2	510	3	8	10	176v	44	0.172	550	2	9	200	0.044	510	3	
A325	1S	42	0.061																
1	53	BRC EA1.5X1.5X3/16	250	2	550	3	8	10	176v	44	0.187	510	3	10	200	0.052	510		
3 A325	1S	42	0.068																
1	7	HOR EA1.5X1.5X3/16	250	2	590	0	1	10	146v	64	0.015	530	0	1	200	0.007	530	0	
A325	1S	42	0.009																

1 27 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 1 2 10 146v 64 0.036 550 1 2 200 0.012 510 1
A325 1S 42 0.019

1 47 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 515 0 1 10 146v 64 0.009 580 0 0 200 0.002 515 0
A325 1S 42 0.004

2 121- 126 LEG EA2.5X2.5X1/4 250 8 580 58 77 4 107v 111 0.694 520 48 72 200 0.359 580
58 A325 2S 337 0.172

2 141- 146 LEG EA2.5X2.5X1/4 250 8 510 60 80 4 107v 111 0.717 560 50 76 200 0.381 510
60 A325 2S 337 0.178

2 154- 159 LEG EA2.5X2.5X1/4 250 8 540 58 78 4 107v 111 0.697 600 48 73 200 0.366 540
58 A325 2S 337 0.173

2 108 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 5 16 10 176v 44 0.359 590 5 19 200 0.095 540
5 A325 1S 42 0.128

2 109 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 590 6 17 10 176v 44 0.381 530 6 21 200 0.108 530
 6 A325 1S 42 0.140

2 110 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 6 19 10 176v 44 0.432 590 6 23 200 0.115 540
 6 A325 1S 42 0.154

2 111 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 590 7 20 10 176v 44 0.459 530 7 26 200 0.129 530
 7 A325 1S 42 0.168

2 112 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 530 8 22 10 176v 44 0.509 590 7 27 200 0.137 530
 8 A325 1S 42 0.182

2 113 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 590 8 23 10 176v 44 0.529 530 8 30 200 0.148 530
 8 A325 1S 42 0.192

2 128 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 570 5 15 10 176v 44 0.330 510 5 20 200 0.099 510
 5 A325 1S 42 0.129

2 129 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 6 18 10 176v 44 0.403 570 5 20 200 0.100 510
 6 A325 1S 42 0.144

2 130 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 570 6 18 10 176v 44 0.402 515 6 24 200 0.118 515
 6 A325 1S 42 0.153

2 131 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 21 10 176v 44 0.479 570 7 24 200 0.122 510
 7 A325 1S 42 0.171

2 132 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 570 7 21 10 176v 44 0.479 515 8 28 200 0.139 515
 8 A325 1S 42 0.181

2 133 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 24 10 176v 44 0.545 570 8 28 200 0.141 510
 8 A325 1S 42 0.195

2 148 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 4 11 10 176v 44 0.247 550 4 13 200 0.066 510
 4 A325 1S 42 0.088

2 149 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 550 4 12 10 176v 44 0.271 610 4 15 200 0.075 610
 4 A325 1S 42 0.098

2 150 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 5 14 10 176v 44 0.319 550 5 17 200 0.086 510
 5 A325 1S 42 0.114

2 151 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 550 5 15 10 176v 44 0.350 610 5 19 200 0.097 610
 5 A325 1S 42 0.126

2 152 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 610 6 17 10 176v 44 0.394 550 6 21 200 0.107 610
 6 A325 1S 42 0.141

2 153 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 550 6 19 10 176v 44 0.419 610 6 23 200 0.116 610
 6 A325 1S 42 0.150

2 107 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 0 1 10 146v 64 0.009 515 0 1 200 0.003 580
 0 A325 1S 42 0.005

2 127 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 0 1 10 146v 64 0.010 560 0 1 200 0.004 510
0 A325 1S 42 0.005

2 147 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 0 1 10 146v 64 0.009 600 0 1 200 0.003 540
0 A325 1S 42 0.005

3 221- 226 LEG EA4X4X1/4 250 8 580 127 102 4 67v 152 0.672 520 106 92 200 0.459 580
127 A325 2S 337 0.379

3 241- 246 LEG EA4X4X1/4 250 8 510 131 105 4 67v 152 0.691 560 111 95 200 0.478 510
131 A325 2S 337 0.389

3 254- 259 LEG EA4X4X1/4 250 8 540 128 102 4 67v 152 0.674 600 107 92 200 0.463 540
128 A325 2S 337 0.379

3 208 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 530 9 26 10 176v 44 0.587 590 9 31 200 0.158 530
9 A325 1S 42 0.209

3 209 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 590 9 27 10 176v 44 0.617 530 9 34 200 0.173 530
 9 A325 1S 42 0.224

3 210 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 530 10 30 10 176v 44 0.675 590 10 36 200 0.183 530
 10 A325 1S 42 0.241

3 211 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 590 11 31 10 176v 44 0.709 530 11 40 200 0.198 530
 11 A325 1S 42 0.258

3 212 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 530 11 34 10 176v 44 0.764 590 11 41 200 0.207 530
 11 A325 1S 42 0.273

3 213 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 590 12 35 10 176v 44 0.784 530 12 43 200 0.217 530
 12 A325 1S 42 0.282

3 228 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 570 8 25 10 176v 44 0.557 515 9 32 200 0.160 515
 9 A325 1S 42 0.208

3 229 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 10 28 10 176v 44 0.634 570 9 33 200 0.165 510
 10 A325 1S 42 0.226

3 230 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 570 10 29 10 176v 44 0.646 515 10 37 200 0.185 515
 10 A325 1S 42 0.241

3 231 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 515 11 32 10 176v 44 0.722 570 10 38 200 0.191 515
 11 A325 1S 42 0.258

3 232 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 570 11 32 10 176v 44 0.735 515 11 42 200 0.209 515
 11 A325 1S 42 0.272

3 233 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 12 36 10 176v 44 0.804 570 12 42 200 0.210 510
 12 A325 1S 42 0.287

3 248 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 610 7 21 10 176v 44 0.471 550 7 26 200 0.128 610
 7 A325 1S 42 0.168

3 249 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 550 8 22 10 176v 44 0.508 610 8 28 200 0.140 610
8 A325 1S 42 0.182

3 250 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 610 8 25 10 176v 44 0.560 550 8 31 200 0.153 610
8 A325 1S 42 0.200

3 251 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 550 9 27 10 176v 44 0.600 610 9 33 200 0.166 610
9 A325 1S 42 0.215

3 252 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 610 10 29 10 176v 44 0.649 550 10 35 200 0.178 610
10 A325 1S 42 0.232

3 253 BRC EA1.5X1.5X3/16 250 2 550 10 30 10 176v 44 0.675 610 10 37 200 0.185 550
10 A325 1S 42 0.241

3 207 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 0 10 146v 64 0.004 540 0 0 200 0.002 540
0 A325 1S 42 0.003

3 227 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 515 0 0 10 146v 64 0.004 580 0 0 200 0.002 580
0 A325 1S 42 0.003

3 247 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 0 10 146v 64 0.004 510 0 0 200 0.002 510
0 A325 1S 42 0.003

4 321- 326 LEG EA5X5X3/8 250 8 580 228 98 4 53v 167 0.586 520 190 87 200 0.438 580
228 A325 2S 337 0.677

4 341- 346 LEG EA5X5X3/8 250 8 510 233 100 4 53v 167 0.600 560 196 90 200 0.452 510
233 A325 2S 337 0.692

4 354- 359 LEG EA5X5X3/8 250 8 540 228 98 4 53v 167 0.587 600 191 88 200 0.440 540
228 A325 2S 337 0.677

4 308 BRC EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 13 29 10 178v 43 0.674 590 13 36 200 0.179 540
13 A325 1S 42 0.305

4	309	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	590	13	30	10	178v	43	0.695	530	13	38	200	0.191	530
13	A325	1S	42	0.319													
4	310	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	530	14	32	10	178v	43	0.743	590	14	40	200	0.200	530
14	A325	1S	42	0.336													
4	311	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	590	15	33	10	178v	43	0.771	530	15	42	200	0.212	530
15	A325	1S	42	0.354													
4	312	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	530	16	36	10	178v	43	0.821	590	15	44	200	0.220	530
16	A325	1S	42	0.372													
4	313	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	590	16	37	10	178v	43	0.846	530	16	46	200	0.230	530
16	A325	1S	42	0.384													
4	328	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	570	12	28	10	178v	43	0.648	515	13	36	200	0.181	515
13	A325	1S	42	0.302													

4	329	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	510	13	31	10	178v	43	0.705	570	13	37	200	0.185	510
13	A325	1S	42	0.319													
4	330	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	570	14	31	10	178v	43	0.720	515	14	40	200	0.202	515
14	A325	1S	42	0.336													
4	331	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	515	15	34	10	178v	43	0.781	570	14	41	200	0.206	515
15	A325	1S	42	0.354													
4	332	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	570	15	35	10	178v	43	0.798	515	16	44	200	0.222	515
16	A325	1S	42	0.371													
4	333	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	510	17	38	10	178v	43	0.869	570	16	45	200	0.225	510
17	A325	1S	42	0.394													
4	348	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	510	11	25	10	178v	43	0.582	550	11	31	200	0.156	510
11	A325	1S	42	0.264													

4	349	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	550	12	26	10	178v	43	0.608	610	12	33	200	0.166	610
12	A325	1S	42	0.276													
4	350	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	610	12	28	10	178v	43	0.652	550	12	35	200	0.177	610
12	A325	1S	42	0.295													
4	351	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	550	13	30	10	178v	43	0.685	610	13	37	200	0.187	610
13	A325	1S	42	0.312													
4	352	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	610	14	32	10	178v	43	0.730	550	14	39	200	0.198	610
14	A325	1S	42	0.331													
4	353	BRC EA1.5X1.5X1/4	250	2	550	14	33	10	178v	43	0.758	610	14	41	200	0.205	550
14	A325	1S	42	0.343													
4	307	HOR EA1.5X1.5X3/16	250	2	510	1	1	10	146v	64	0.023	550	1	2	200	0.010	550
1	A325	1S	42	0.013													

4 327 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 0 1 10 146v 64 0.021 590 1 2 200 0.010 590
1 A325 1S 42 0.012

4 347 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 0 1 10 146v 64 0.023 515 1 2 200 0.010 515
1 A325 1S 42 0.013

5 421- 426 LEG EA5X5X1/2 250 8 580 360 118 4 54v 166 0.709 520 301 106 200 0.530 580
360 A325 2S 526 0.684

5 441- 446 LEG EA5X5X1/2 250 8 510 367 120 4 54v 166 0.723 560 309 108 200 0.543 510
367 A325 2S 526 0.697

5 454- 459 LEG EA5X5X1/2 250 8 540 360 118 4 54v 166 0.710 600 302 106 200 0.532 540
360 A325 2S 526 0.685

5 408 BRC EA2X2X3/16 250 2 540 17 38 10 142v 68 0.563 590 17 43 200 0.217 540
17 A325 1S 42 0.407

5	409	BRC EA2X2X3/16	250	2	590	17	39	10	142v	68	0.572	530	18	46	200	0.228	530	
18	A325	1S	42	0.417														
5	410	BRC EA2X2X3/16	250	2	530	18	41	10	142v	68	0.600	590	18	47	200	0.236	530	
18	A325	1S	42	0.434														
5	411	BRC EA2X2X3/16	250	2	590	19	42	10	142v	68	0.618	530	19	49	200	0.247	530	
19	A325	1S	42	0.452														
5	412	BRC EA2X2X3/16	250	2	530	20	44	10	142v	68	0.651	590	20	51	200	0.255	530	
20	A325	1S	42	0.471														
5	413	BRC EA2X2X3/16	250	2	590	20	45	10	142v	68	0.667	530	20	53	200	0.264	530	
20	A325	1S	42	0.483														
5	428	BRC EA2X2X3/16	250	2	570	17	37	10	142v	68	0.543	515	17	44	200	0.219	515	
17	A325	1S	42	0.401														

5	429	BRC EA2X2X3/16	250	2	515	18	39	10	142v	68	0.578	570	17	45	200	0.223	515	
18	A325	1S	42	0.418														
5	430	BRC EA2X2X3/16	250	2	570	18	40	10	142v	68	0.586	515	18	47	200	0.238	515	
18	A325	1S	42	0.434														
5	431	BRC EA2X2X3/16	250	2	515	19	42	10	142v	68	0.624	570	19	48	200	0.242	515	
19	A325	1S	42	0.452														
5	432	BRC EA2X2X3/16	250	2	570	19	43	10	142v	68	0.636	515	20	51	200	0.257	515	
20	A325	1S	42	0.470														
5	433	BRC EA2X2X3/16	250	2	510	21	46	10	142v	68	0.685	570	20	52	200	0.260	510	
21	A325	1S	42	0.496														
5	448	BRC EA2X2X3/16	250	2	510	15	34	10	142v	68	0.507	550	15	39	200	0.197	510	
15	A325	1S	42	0.367														

5	449	BRC EA2X2X3/16	250	2	550	16	35	10	142v	68	0.518	610	16	41	200	0.205	610
16	A325	1S	42	0.375													
5	450	BRC EA2X2X3/16	250	2	610	17	37	10	142v	68	0.544	550	17	43	200	0.215	610
17	A325	1S	42	0.393													
5	451	BRC EA2X2X3/16	250	2	550	17	38	10	142v	68	0.565	610	17	45	200	0.224	610
17	A325	1S	42	0.410													
5	452	BRC EA2X2X3/16	250	2	610	18	40	10	142v	68	0.595	550	18	47	200	0.235	610
18	A325	1S	42	0.430													
5	453	BRC EA2X2X3/16	250	2	550	19	41	10	142v	68	0.612	610	19	48	200	0.241	550
19	A325	1S	42	0.443													
5	407	HOR EA1.5X1.5X3/16	250	2	510	1	4	10	146v	64	0.055	560	1	4	200	0.022	510
1	A325	1S	42	0.028													

5 427 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 1 3 10 146v 64 0.054 600 1 4 200 0.021 540
1 A325 1S 42 0.028

5 447 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 1 3 10 146v 64 0.054 520 1 4 200 0.022 580
1 A325 1S 42 0.028

6 521- 526 LEG EA5X5X5/8 250 8 580 523 139 4 54v 166 0.834 520 437 127 200 0.635 580
523 A325 2S 758 0.690

6 541- 546 LEG EA5X5X5/8 250 8 510 531 141 4 54v 166 0.848 560 446 129 200 0.648 510
531 A325 2S 758 0.701

6 554- 559 LEG EA5X5X5/8 250 8 540 523 139 4 54v 166 0.835 600 438 127 200 0.636 540
523 A325 2S 758 0.690

6 508 BRC EA2X2X3/16 250 2 540 21 47 10 142v 68 0.700 590 21 54 200 0.270 540
21 A325 1S 42 0.507

6	509	BRC EA2X2X3/16	250	2	590	21	48	10	142v	68	0.705	530	22	56	200	0.281	530
22	A325	1S	42	0.513													
6	510	BRC EA2X2X3/16	250	2	530	22	50	10	142v	68	0.732	590	22	57	200	0.288	530
22	A325	1S	42	0.530													
6	511	BRC EA2X2X3/16	250	2	590	23	51	10	142v	68	0.755	530	23	60	200	0.302	530
23	A325	1S	42	0.551													
6	512	BRC EA2X2X3/16	250	2	530	24	53	10	142v	68	0.786	590	24	62	200	0.309	530
24	A325	1S	42	0.569													
6	513	BRC EA2X2X3/16	250	2	590	23	50	10	142v	68	0.745	530	23	59	200	0.295	530
23	A325	1S	42	0.539													
6	528	BRC EA2X2X3/16	250	2	570	21	46	10	142v	68	0.677	515	21	54	200	0.272	515
21	A325	1S	42	0.497													

6	529	BRC EA2X2X3/16	250	2	515	22	48	10	142v	68	0.711	570	21	55	200	0.276	515
22	A325	1S	42	0.514													
6	530	BRC EA2X2X3/16	250	2	570	22	49	10	142v	68	0.718	515	22	58	200	0.290	515
22	A325	1S	42	0.530													
6	531	BRC EA2X2X3/16	250	2	515	23	52	10	142v	68	0.762	570	23	59	200	0.296	515
23	A325	1S	42	0.551													
6	532	BRC EA2X2X3/16	250	2	570	24	52	10	142v	68	0.772	515	24	62	200	0.311	515
24	A325	1S	42	0.568													
6	533	BRC EA2X2X3/16	250	2	510	23	51	10	142v	68	0.757	570	22	58	200	0.291	510
23	A325	1S	42	0.548													
6	548	BRC EA2X2X3/16	250	2	510	20	44	10	142v	68	0.645	550	19	50	200	0.250	510
20	A325	1S	42	0.466													

6	549	BRC EA2X2X3/16	250	2	550	20	44	10	142v	68	0.651	610	20	51	200	0.258	610	
20	A325	1S	42	0.472														
6	550	BRC EA2X2X3/16	250	2	610	21	46	10	142v	68	0.676	550	21	53	200	0.267	610	
21	A325	1S	42	0.489														
6	551	BRC EA2X2X3/16	250	2	550	21	47	10	142v	68	0.702	610	21	56	200	0.279	610	
21	A325	1S	42	0.509														
6	552	BRC EA2X2X3/16	250	2	610	22	49	10	142v	68	0.730	550	22	58	200	0.288	610	
22	A325	1S	42	0.528														
6	553	BRC EA2X2X3/16	250	2	550	21	47	10	142v	68	0.694	610	21	55	200	0.274	550	
21	A325	1S	42	0.502														
6	507	HOR EA1.5X1.5X3/16	250	2	510	2	5	10	146v	64	0.085	560	2	7	200	0.033	510	
2	A325	1S	42	0.044														

6 527 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 2 5 10 146v 64 0.084 600 2 7 200 0.033 540
2 A325 1S 42 0.044

6 547 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 2 5 10 146v 64 0.084 520 2 7 200 0.033 580
2 A325 1S 42 0.044

7 601- 602 LEG EA5X5X5/8 250 8 540 509 135 4 43v 175 0.773 600 426 123 200 0.619 540
509 A325 2S 758 0.671

7 621- 622 LEG EA5X5X5/8 250 8 580 509 135 4 43v 175 0.774 520 426 123 200 0.618 580
509 A325 2S 758 0.672

7 641- 642 LEG EA5X5X5/8 250 8 510 518 137 4 43v 175 0.787 560 435 126 200 0.632 510
518 A325 2S 758 0.683

7 605- 606 XBR EA2X2X3/16 250 2 550 18 40 10 141y 69 0.581 610 17 43 200 0.218 550
18 A325 1S 42 0.429

7 607- 608 XBR EA2X2X3/16 250 2 570 19 42 10 141y 69 0.612 510 19 48 200 0.241 570
19 A325 1S 42 0.452

7 625- 626 XBR EA2X2X3/16 250 2 590 19 42 10 141y 69 0.615 530 18 46 200 0.228 590
19 A325 1S 42 0.454

7 627- 628 XBR EA2X2X3/16 250 2 610 18 40 10 141y 69 0.583 540 17 44 200 0.223 610
18 A325 1S 42 0.430

7 645- 646 XBR EA2X2X3/16 250 2 515 19 43 10 141y 69 0.626 570 18 47 200 0.233 515
19 A325 1S 42 0.462

7 647- 648 XBR EA2X2X3/16 250 2 530 19 43 10 141y 69 0.618 590 17 45 200 0.226 530
19 A325 1S 42 0.456

7 603- 604 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 8 22 11 87v 134 0.168 580 8 28 200 0.140 580
8 A325 1S 42 0.181

7 623- 624 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 23 11 87v 134 0.171 510 8 28 200 0.142 510
8 A325 1S 42 0.184

7 643- 644 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 23 11 87v 134 0.171 510 8 28 200 0.142 510
8 A325 1S 42 0.184

7 649- 650 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 530 7 20 7 113x 104 0.194 580 8 28 200 0.139 580
8 A325 1S 42 0.181

7 651- 652 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 570 7 20 7 113x 104 0.192 510 8 29 200 0.145 510
8 A325 1S 42 0.188

7 653- 654 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 610 6 19 7 113x 104 0.180 540 7 26 200 0.132 540
7 A325 1S 42 0.171

7 655 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 515 0 0 11 81v 140 0.003 580 0 0 200 0.002 580 0
A325 1S 42 0.003

7 656 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 550 0 0 11 81v 140 0.003 510 0 0 200 0.002 510 0
A325 1S 42 0.003

7 657 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 590 0 0 11 81v 140 0.003 540 0 0 200 0.002 540 0
A325 1S 42 0.003

8 701- 702 LEG EA5X5X5/8 250 8 540 498 132 4 43v 175 0.755 600 414 120 200 0.601 540
498 A325 2S 758 0.657

8 721- 722 LEG EA5X5X5/8 250 8 580 498 132 4 43v 175 0.756 520 414 120 200 0.600 580
498 A325 2S 758 0.657

8 741- 742 LEG EA5X5X5/8 250 8 510 506 134 4 43v 175 0.768 560 422 122 200 0.612 510
506 A325 2S 758 0.668

8 705- 706 XBR EA2X2X3/16 250 2 540 14 31 10 145y 65 0.483 610 13 33 200 0.165 540
14 A325 1S 42 0.335

8 707- 708 XBR EA2X2X3/16 250 2 580 15 33 10 145y 65 0.510 515 14 35 200 0.178 580
15 A325 1S 42 0.353

8 725- 726 XBR EA2X2X3/16 250 2 580 15 33 10 145y 65 0.509 530 13 35 200 0.174 580
15 A325 1S 42 0.353

8 727- 728 XBR EA2X2X3/16 250 2 510 15 33 10 145y 65 0.507 550 13 34 200 0.171 510
15 A325 1S 42 0.351

8 745- 746 XBR EA2X2X3/16 250 2 510 16 35 10 145y 65 0.534 570 14 36 200 0.179 510
16 A325 1S 42 0.370

8 747- 748 XBR EA2X2X3/16 250 2 540 16 35 10 145y 65 0.534 590 13 35 200 0.174 540
16 A325 1S 42 0.370

8 703- 704 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 7 22 11 101v 118 0.186 580 7 27 200 0.137 580
7 A325 1S 42 0.177

8 723- 724 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 22 11 101v 118 0.188 510 8 28 200 0.139 510
8 A325 1S 42 0.180

8 743- 744 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 22 11 101v 118 0.188 510 8 28 200 0.139 510
8 A325 1S 42 0.180

8 749- 750 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 15 44 10 122x 92 0.477 560 14 52 200 0.261
510 15 A325 1S 42 0.355

8 751- 752 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 15 43 10 122x 92 0.467 600 14 51 200 0.256
540 15 A325 1S 42 0.348

8 753- 754 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 15 43 10 122x 92 0.469 520 14 51 200 0.257
580 15 A325 1S 42 0.349

8 755 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 0 1 11 95v 126 0.005 510 0 1 200 0.004 510 0
A325 1S 42 0.005

8 756 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 0 1 11 95v 126 0.005 580 0 1 200 0.004 580 0
A325 1S 42 0.005

8 757 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 0 1 11 95v 126 0.005 510 0 1 200 0.004 510 0
A325 1S 42 0.005

9 801- 802 LEG EA5X5X5/8 250 8 540 490 130 4 43v 175 0.743 600 405 117 200 0.587 540
490 A325 2S 758 0.647

9 821- 822 LEG EA5X5X5/8 250 8 580 491 130 4 43v 175 0.743 520 404 117 200 0.587 580
491 A325 2S 758 0.647

9 841- 842 LEG EA5X5X5/8 250 8 510 498 132 4 43v 175 0.754 560 412 119 200 0.598 510
498 A325 2S 758 0.657

9 805- 806 XBR EA2X2X3/16 250 2 550 11 25 10 150y 61 0.414 610 10 27 200 0.133 550
11 A325 1S 42 0.268

9 807- 808 XBR EA2X2X3/16 250 2 570 12 26 10 150y 61 0.436 515 11 28 200 0.143 570
12 A325 1S 42 0.282

9 825- 826 XBR EA2X2X3/16 250 2 590 12 27 10 150y 61 0.442 530 11 28 200 0.140 590
12 A325 1S 42 0.286

9 827- 828 XBR EA2X2X3/16 250 2 610 11 26 10 150y 61 0.421 550 11 27 200 0.137 610
11 A325 1S 42 0.273

9 845- 846 XBR EA2X2X3/16 250 2 515 12 27 10 150y 61 0.450 570 11 29 200 0.145 515
12 A325 1S 42 0.291

9 847- 848 XBR EA2X2X3/16 250 2 530 12 27 10 150y 61 0.444 590 11 28 200 0.140 530
12 A325 1S 42 0.287

9 803- 804 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 7 22 11 114v 102 0.213 580 7 27 200 0.134 580
7 A325 1S 42 0.175

9 823- 824 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 11 114v 102 0.216 510 7 27 200 0.136 510
7 A325 1S 42 0.177

9 843- 844 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 11 114v 102 0.216 510 7 27 200 0.136 510
7 A325 1S 42 0.177

9 849- 850 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 11 34 10 133x 78 0.432 560 11 41 200 0.204
510 11 A325 1S 42 0.272

9 851- 852 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 11 33 10 133x 78 0.426 600 11 40 200 0.201
540 11 A325 1S 42 0.268

9 853- 854 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 11 33 10 133x 78 0.426 520 11 40 200 0.201
580 11 A325 1S 42 0.268

9 855 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 0 1 11 108v 110 0.005 580 0 1 200 0.004 580
0 A325 1S 42 0.005

9 856 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 0 0 11 108v 110 0.005 510 0 1 200 0.004 510
0 A325 1S 42 0.005

9 857 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 0 1 11 108v 110 0.005 540 0 1 200 0.004 540
0 A325 1S 42 0.005

10 901- 902 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 486 131 4 35v 181 0.727 600 398 116 200 0.579
540 486 A325 2S 758 0.642

10 921- 922 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 487 131 4 35v 181 0.728 520 398 115 200 0.579
580 487 A325 2S 758 0.642

10 941- 942 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 493 133 4 35v 181 0.738 560 405 118 200 0.589
510 494 A325 2S 758 0.651

10 905- 906 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 550 9 22 10 196y 36 0.607 610 9 24 200 0.121 550
9 A325 1S 42 0.225

10 907- 908 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 570 10 23 10 196y 36 0.640 515 9 26 200 0.130 570
 10 A325 1S 42 0.237

10 925- 926 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 590 10 23 10 196y 36 0.648 530 9 25 200 0.128 590
 10 A325 1S 42 0.241

10 927- 928 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 610 10 22 10 196y 36 0.619 550 9 25 200 0.125 610
 10 A325 1S 42 0.230

10 945- 946 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 515 10 23 10 196y 36 0.659 570 9 26 200 0.132 515
 10 A325 1S 42 0.245

10 947- 948 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 530 10 23 10 196y 36 0.652 590 9 25 200 0.127 530
 10 A325 1S 42 0.242

10 903- 904 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 7 21 14 125v 88 0.244 580 7 27 200 0.133 580
 7 A325 1S 42 0.173

10 923- 924 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 14 125v 88 0.248 510 7 27 200 0.135 510
7 A325 1S 42 0.176

10 943- 944 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 14 125v 88 0.248 510 7 27 200 0.135 510
7 A325 1S 42 0.176

10 949- 950 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 10 29 10 143x 67 0.439 560 10 36 200 0.179
510 10 A325 1S 42 0.236

10 951- 952 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 10 29 10 143x 67 0.432 600 10 35 200 0.176
540 10 A325 1S 42 0.233

10 953- 954 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 10 29 10 143x 67 0.432 520 10 35 200 0.176
580 10 A325 1S 42 0.233

10 955 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 121v 93 0.006 580 0 1 200 0.004 580
0 A325 1S 42 0.005

10 956 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 121v 93 0.006 510 0 1 200 0.004 510
0 A325 1S 42 0.005

10 957 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 121v 93 0.006 540 0 1 200 0.004 540
0 A325 1S 42 0.005

11 1001- 1002 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 486 131 4 35v 181 0.727 600 395 115 200 0.575
540 486 A325 2S 758 0.642

11 1021- 1022 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 487 132 4 35v 181 0.727 520 395 115 200 0.575
580 487 A325 2S 758 0.642

11 1041- 1042 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 493 133 4 35v 181 0.737 560 402 117 200 0.585
510 493 A325 2S 758 0.651

11 1005- 1006 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 550 8 18 10 204y 33 0.535 510 7 20 200 0.101
550 8 A325 1S 42 0.184

11 1007- 1008 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 570 8 19 10 204y 33 0.565 510 8 22 200 0.109
570 8 A325 1S 42 0.194

11 1025- 1026 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 590 8 19 10 204y 33 0.574 540 7 21 200 0.104
590 8 A325 1S 42 0.197

11 1027- 1028 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 610 8 18 10 204y 33 0.545 540 7 20 200 0.102
610 8 A325 1S 42 0.187

11 1045- 1046 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 515 8 19 10 204y 33 0.583 570 7 21 200 0.107
515 8 A325 1S 42 0.200

11 1047- 1048 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 530 8 19 10 204y 33 0.577 590 7 20 200 0.103
530 8 A325 1S 42 0.198

11 1003- 1004 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 7 21 14 133v 77 0.278 580 7 27 200 0.133
580 7 A325 1S 42 0.173

11 1023- 1024 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 14 133v 77 0.282 510 7 27 200 0.135
510 7 A325 1S 42 0.175

11 1043- 1044 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 14 133v 77 0.282 510 7 27 200 0.135
510 7 A325 1S 42 0.175

11 1049- 1050 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 25 10 154x 58 0.430 560 8 31 200 0.154
510 8 A325 1S 42 0.200

11 1051- 1052 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 8 24 10 154x 58 0.424 600 8 30 200 0.152
540 8 A325 1S 42 0.197

11 1053- 1054 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 8 24 10 154x 58 0.424 520 8 30 200 0.151
580 8 A325 1S 42 0.198

11 1055 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 129v 82 0.007 580 0 1 200 0.004 580
0 A325 1S 42 0.006

11 1056 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 129v 82 0.007 510 0 1 200 0.004 510
0 A325 1S 42 0.006

11 1057 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 129v 82 0.007 540 0 1 200 0.004 540
0 A325 1S 42 0.006

12 1101- 1102 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 489 132 4 35v 181 0.730 600 395 114 200 0.574
540 489 A325 2S 758 0.645

12 1121- 1122 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 489 132 4 35v 181 0.730 520 394 114 200 0.573
580 489 A325 2S 758 0.645

12 1141- 1142 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 495 134 4 35v 181 0.740 560 401 116 200 0.583
510 495 A325 2S 758 0.653

12 1105- 1106 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 570 7 16 10 212y 30 0.516 510 6 17 200 0.087
570 7 A325 1S 42 0.164

12 1107- 1108 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 550 7 17 10 212y 30 0.543 510 7 19 200 0.094
550 7 A325 1S 42 0.173

12 1125- 1126 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 610 7 16 10 212y 30 0.530 540 6 18 200 0.090
610 7 A325 1S 42 0.169

12 1127- 1128 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 590 7 15 10 212y 30 0.487 540 6 18 200 0.088
590 7 A325 1S 42 0.155

12 1145- 1146 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 515 7 16 10 212y 30 0.517 580 6 18 200 0.092
515 7 A325 1S 42 0.164

12 1147- 1148 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 530 7 16 10 212y 30 0.512 580 6 17 200 0.086
530 7 A325 1S 42 0.163

12 1103- 1104 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 7 22 14 142v 68 0.315 580 7 27 200 0.134
580 7 A325 1S 42 0.174

12 1123- 1124 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 14 142v 68 0.319 510 7 27 200 0.136
510 7 A325 1S 42 0.176

12 1143- 1144 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 14 142v 68 0.319 510 7 27 200 0.136
510 7 A325 1S 42 0.176

12 1149- 1150 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 10 165x 50 0.433 560 7 27 200 0.137
560 7 A325 1S 42 0.178

12 1151- 1152 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 7 22 10 165x 50 0.427 600 7 27 200 0.135
600 7 A325 1S 42 0.175

12 1153- 1154 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 7 22 10 165x 50 0.427 520 7 27 200 0.135
520 7 A325 1S 42 0.175

12 1155 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 138v 72 0.008 580 0 1 200 0.004 580
0 A325 1S 42 0.006

12 1156 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 138v 72 0.008 510 0 1 200 0.004 510
0 A325 1S 42 0.006

12 1157 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 138v 72 0.008 540 0 1 200 0.004 540
0 A325 1S 42 0.006

13 1201- 1202 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 493 133 4 35v 181 0.736 600 395 115 200 0.575
540 493 A325 2S 758 0.650

13 1221- 1222 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 493 133 4 35v 181 0.736 520 395 115 200 0.575
580 493 A325 2S 758 0.650

13 1241- 1242 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 499 135 4 35v 181 0.745 560 402 116 200 0.584
510 499 A325 2S 758 0.658

13 1205- 1206 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 570 6 15 10 220y 28 0.523 515 5 15 200 0.077
570 6 A325 1S 42 0.154

13 1207- 1208 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 550 7 15 10 220y 28 0.550 610 6 16 200 0.083
550 7 A325 1S 42 0.162

13 1225- 1226 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 610 7 15 10 220y 28 0.538 540 6 16 200 0.079
610 7 A325 1S 42 0.158

13 1227- 1228 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 590 6 14 10 220y 28 0.496 540 5 15 200 0.077
590 6 A325 1S 42 0.146

13 1245- 1246 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 530 6 14 10 220y 28 0.493 580 6 16 200 0.081
530 6 A325 1S 42 0.145

13 1247- 1248 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 515 6 14 10 220y 28 0.504 580 5 15 200 0.076
515 6 A325 1S 42 0.149

13 1203- 1204 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 7 22 14 150v 61 0.356 580 7 27 200 0.135
580 7 A325 1S 42 0.175

13 1223- 1224 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 14 150v 61 0.361 510 7 27 200 0.137
510 7 A325 1S 42 0.177

13 1243- 1244 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 22 14 150v 61 0.361 510 7 27 200 0.137
510 7 A325 1S 42 0.177

13 1249- 1250 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 7 19 10 176x 44 0.433 560 7 24 200 0.122
560 7 A325 1S 42 0.158

13 1251- 1252 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 6 19 10 176x 44 0.427 600 7 24 200 0.120
600 7 A325 1S 42 0.156

13 1253- 1254 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 6 19 10 176x 44 0.428 520 7 24 200 0.120
520 7 A325 1S 42 0.156

13 1255 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 146v 64 0.009 580 0 1 200 0.005 580
0 A325 1S 42 0.006

13 1256 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 146v 64 0.009 510 0 1 200 0.005 510
0 A325 1S 42 0.006

13 1257 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 146v 64 0.009 540 0 1 200 0.005 540
0 A325 1S 42 0.006

14 1301- 1302 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 498 135 4 35v 181 0.744 600 397 115 200 0.578
540 498 A325 2S 758 0.657

14 1321- 1322 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 499 135 4 35v 181 0.744 520 397 115 200 0.577
580 499 A325 2S 758 0.658

14 1341- 1342 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 504 136 4 35v 181 0.753 560 403 117 200 0.586
510 504 A325 2S 758 0.665

14 1305- 1306 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 6 15 10 229y 26 0.565 515 5 14 200 0.073
580 6 A325 1S 42 0.154

14 1307- 1308 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 7 15 10 229y 26 0.585 610 5 16 200 0.078
540 7 A325 1S 42 0.160

14 1325- 1326 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 7 15 10 229y 26 0.568 550 5 15 200 0.074
510 7 A325 1S 42 0.155

14 1327- 1328 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 6 14 10 229y 26 0.534 530 5 14 200 0.071
580 6 A325 1S 42 0.146

14 1345- 1346 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 6 13 10 229y 26 0.515 590 5 14 200 0.072
540 6 A325 1S 42 0.141

14 1347- 1348 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 6 14 10 229y 26 0.534 570 5 14 200 0.070
510 6 A325 1S 42 0.146

14 1303- 1304 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 7 22 14 158v 55 0.401 580 7 27 200 0.136
580 7 A325 1S 42 0.177

14 1323- 1324 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 22 14 158v 55 0.406 510 8 28 200 0.138
 510 8 A325 1S 42 0.179

14 1343- 1344 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 22 14 158v 55 0.406 510 8 28 200 0.138
 510 8 A325 1S 42 0.179

14 1349- 1350 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 6 17 10 186x 39 0.432 560 6 22 200 0.109
 560 6 A325 1S 42 0.141

14 1351- 1352 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 6 17 10 186x 39 0.427 600 6 21 200 0.108
 600 6 A325 1S 42 0.140

14 1353- 1354 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 6 17 10 186x 39 0.427 520 6 21 200 0.108
 520 6 A325 1S 42 0.140

14 1355 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 154v 58 0.010 580 0 1 200 0.005 580
 0 A325 1S 42 0.006

14 1356 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 154v 58 0.010 510 0 1 200 0.005 510
0 A325 1S 42 0.006

14 1357 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 154v 58 0.010 540 0 1 200 0.005 540
0 A325 1S 42 0.006

15 1401- 1402 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 505 136 4 34v 181 0.753 600 400 116 200 0.582
540 505 A325 2S 758 0.666

15 1421- 1422 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 505 137 4 34v 181 0.754 520 400 116 200 0.581
580 505 A325 2S 758 0.666

15 1441- 1442 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 511 138 4 34v 181 0.762 560 406 118 200 0.590
510 511 A325 2S 758 0.674

15 1405- 1406 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 7 15 10 238y 24 0.630 515 5 14 200 0.071
580 7 A325 1S 42 0.159

15 1407- 1408 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 7 16 10 238y 24 0.649 610 5 15 200 0.076
540 7 A325 1S 42 0.164

15 1425- 1426 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 7 15 10 238y 24 0.633 550 5 15 200 0.073
510 7 A325 1S 42 0.160

15 1427- 1428 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 6 15 10 238y 24 0.600 530 5 14 200 0.070
580 6 A325 1S 42 0.152

15 1445- 1446 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 6 14 10 238y 24 0.581 590 5 14 200 0.070
540 6 A325 1S 42 0.147

15 1447- 1448 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 6 14 10 238y 24 0.599 570 5 14 200 0.069
510 6 A325 1S 42 0.151

15 1403- 1404 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 8 22 14 167v 49 0.450 580 8 28 200 0.138
580 8 A325 1S 42 0.180

15 1423- 1424 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 22 14 167v 49 0.455 510 8 28 200 0.140
510 8 A325 1S 42 0.182

15 1443- 1444 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 22 14 167v 49 0.455 510 8 28 200 0.140
510 8 A325 1S 42 0.182

15 1449- 1450 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 5 15 10 197x 35 0.437 560 5 20 200 0.099
560 5 A325 1S 42 0.129

15 1451- 1452 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 540 5 15 10 197x 35 0.432 600 5 20 200 0.098
600 5 A325 1S 42 0.128

15 1453- 1454 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 5 15 10 197x 35 0.432 520 5 20 200 0.098
520 5 A325 1S 42 0.128

15 1455 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 163v 52 0.012 580 0 1 200 0.005 580
0 A325 1S 42 0.006

15 1456 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 163v 52 0.012 510 0 1 200 0.005 510
0 A325 1S 42 0.006

15 1457 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 163v 52 0.012 540 0 1 200 0.005 540
0 A325 1S 42 0.006

16 1501- 1502 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 512 139 4 34v 181 0.765 600 404 117 200 0.587
540 512 A325 2S 758 0.676

16 1521- 1522 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 513 139 4 34v 181 0.765 520 403 117 200 0.587
580 513 A325 2S 758 0.676

16 1541- 1542 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 518 140 4 34v 181 0.773 560 409 119 200 0.595
510 518 A325 2S 758 0.683

16 1505- 1506 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 7 16 10 247y 22 0.702 515 5 14 200 0.070
580 7 A325 1S 42 0.165

16 1507- 1508 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 7 16 10 247y 22 0.722 610 5 15 200 0.075
540 7 A325 1S 42 0.169

16 1525- 1526 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 7 16 10 247y 22 0.705 550 5 14 200 0.072
510 7 A325 1S 42 0.166

16 1527- 1528 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 7 15 10 247y 22 0.673 530 5 14 200 0.069
580 7 A325 1S 42 0.158

16 1545- 1546 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 6 15 10 247y 22 0.654 590 5 14 200 0.070
540 6 A325 1S 42 0.154

16 1547- 1548 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 7 15 10 247y 22 0.672 570 5 14 200 0.068
510 7 A325 1S 42 0.158

16 1503- 1504 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 8 23 14 175v 45 0.504 580 8 28 200 0.140
580 8 A325 1S 42 0.182

16 1523- 1524 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 23 14 175v 45 0.509 510 8 28 200 0.142
510 8 A325 1S 42 0.184

16 1543- 1544 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 23 14 175v 45 0.509 510 8 28 200 0.142
510 8 A325 1S 42 0.184

16 1549- 1550 HOR EA1.75X1.75X3/1 250 2 510 5 13 10 183x 41 0.316 560 5 16 200 0.081
560 5 A325 1S 42 0.125

16 1551- 1552 HOR EA1.75X1.75X3/1 250 2 540 5 13 10 183x 41 0.312 600 5 16 200 0.080
600 5 A325 1S 42 0.124

16 1553- 1554 HOR EA1.75X1.75X3/1 250 2 580 5 13 10 183x 41 0.312 520 5 16 200 0.080
520 5 A325 1S 42 0.124

16 1555 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 171v 47 0.013 580 0 1 200 0.005 580
0 A325 1S 42 0.006

16 1556 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 171v 47 0.013 510 0 1 200 0.005 510
0 A325 1S 42 0.006

16 1557 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 171v 47 0.013 540 0 1 200 0.005 540
0 A325 1S 42 0.006

17 1601- 1602 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 521 141 4 34v 181 0.777 600 408 118 200 0.593
540 521 A325 2S 758 0.687

17 1621- 1622 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 521 141 4 34v 181 0.777 520 408 118 200 0.593
580 521 A325 2S 758 0.687

17 1641- 1642 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 526 142 4 34v 181 0.785 560 413 120 200 0.601
510 526 A325 2S 758 0.694

17 1605- 1606 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 7 16 10 256y 21 0.771 520 5 14 200 0.072
580 7 A325 1S 42 0.168

17 1607- 1608 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 7 16 10 256y 21 0.790 600 5 15 200 0.075
540 7 A325 1S 42 0.172

17 1625- 1626 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 7 16 10 256y 21 0.775 560 5 14 200 0.071
510 7 A325 1S 42 0.169

17 1627- 1628 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 7 15 10 256y 21 0.742 520 5 14 200 0.070
580 7 A325 1S 42 0.162

17 1645- 1646 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 7 15 10 256y 21 0.724 590 5 14 200 0.068
540 7 A325 1S 42 0.158

17 1647- 1648 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 7 15 10 256y 21 0.742 560 5 14 200 0.068
510 7 A325 1S 42 0.162

17 1603- 1604 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 8 23 14 183v 41 0.561 580 8 28 200 0.142
580 8 A325 1S 42 0.185

17 1623- 1624 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 23 14 183v 41 0.567 510 8 29 200 0.144
510 8 A325 1S 42 0.187

17 1643- 1644 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 23 14 183v 41 0.567 510 8 29 200 0.144
510 8 A325 1S 42 0.187

17 1649- 1650 HOR EA1.75X1.75X3/1 250 2 510 5 12 10 192x 37 0.319 560 5 15 200 0.075
560 5 A325 1S 42 0.116

17 1651- 1652 HOR EA1.75X1.75X3/1 250 2 540 5 12 10 192x 37 0.315 600 5 15 200 0.074
600 5 A325 1S 42 0.115

17 1653- 1654 HOR EA1.75X1.75X3/1 250 2 580 5 12 10 192x 37 0.315 520 5 15 200 0.074
520 5 A325 1S 42 0.115

17 1655 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 179v 43 0.015 580 0 1 200 0.005 580
0 A325 1S 42 0.006

17 1656 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 179v 43 0.015 510 0 1 200 0.005 510
0 A325 1S 42 0.006

17 1657 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 179v 43 0.015 540 0 1 200 0.005 540
0 A325 1S 42 0.006

18 1701- 1702 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 530 143 4 34v 181 0.790 600 413 120 200 0.600
540 530 A325 2S 758 0.699

18 1721- 1722 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 530 143 4 34v 181 0.790 520 412 120 200 0.600
580 530 A325 2S 758 0.699

18 1741- 1742 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 535 145 4 34v 181 0.798 560 418 121 200 0.608
510 535 A325 2S 758 0.706

18 1705- 1706 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 7 17 10 266y 19 0.859 520 5 15 200 0.075
580 7 A325 1S 42 0.174

18 1707- 1708 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 7 17 10 266y 19 0.878 600 5 15 200 0.078
540 7 A325 1S 42 0.178

18 1725- 1726 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 7 17 10 266y 19 0.863 560 5 15 200 0.074
510 7 A325 1S 42 0.175

18 1727- 1728 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 7 16 10 266y 19 0.830 520 5 15 200 0.073
580 7 A325 1S 42 0.168

18 1745- 1746 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 540 7 16 10 266y 19 0.812 600 5 14 200 0.070
540 7 A325 1S 42 0.165

18 1747- 1748 XBR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 7 16 10 266y 19 0.830 560 5 14 200 0.071
510 7 A325 1S 42 0.168

18 1703- 1704 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 8 23 14 192v 37 0.624 580 8 29 200 0.145
580 8 A325 1S 42 0.188

18 1723- 1724 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 24 14 192v 37 0.630 510 8 29 200 0.146
510 8 A325 1S 42 0.190

18 1743- 1744 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 24 14 192v 37 0.630 510 8 29 200 0.146
510 8 A325 1S 42 0.190

18 1749- 1750 HOR EA1.75X1.75X3/1 250 2 510 4 11 10 201x 34 0.321 560 5 14 200 0.070
560 5 A325 1S 42 0.107

18 1751- 1752 HOR EA1.75X1.75X3/1 250 2 540 4 11 10 201x 34 0.318 600 4 14 200 0.069
600 4 A325 1S 42 0.106

18 1753- 1754 HOR EA1.75X1.75X3/1 250 2 580 4 11 10 201x 34 0.318 520 4 14 200 0.069
520 4 A325 1S 42 0.106

18 1755 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 187v 39 0.016 580 0 1 200 0.005 580
0 A325 1S 42 0.006

18 1756 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 187v 39 0.016 510 0 1 200 0.005 510
0 A325 1S 42 0.006

18 1757 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 187v 39 0.016 540 0 1 200 0.005 540
0 A325 1S 42 0.006

19 1801- 1802 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 539 146 4 34v 181 0.804 600 418 121 200 0.607
540 539 A325 2S 758 0.712

19 1821- 1822 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 540 146 4 34v 181 0.804 520 418 121 200 0.607
580 540 A325 2S 758 0.712

19 1841- 1842 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 545 147 4 34v 181 0.812 560 423 123 200 0.615
510 545 A325 2S 758 0.718

19 1805- 1806 XBR EA2X2X3/16 250 2 580 8 17 10 213y 30 0.565 520 5 14 200 0.071 580
8 A325 1S 42 0.182

19	1807- 1808	XBR	EA2X2X3/16	250	2	540	8	17	10	213y	30	0.576	600	6	15	200	0.074	540	
8	A325	1S	42	0.186															
19	1825- 1826	XBR	EA2X2X3/16	250	2	510	8	17	10	213y	30	0.567	560	5	14	200	0.071	510	
8	A325	1S	42	0.183															
19	1827- 1828	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	7	17	10	213y	30	0.548	520	5	14	200	0.070	580	
7	A325	1S	42	0.177															
19	1845- 1846	XBR	EA2X2X3/16	250	2	540	7	16	10	213y	30	0.537	600	5	13	200	0.067	540	
7	A325	1S	42	0.173															
19	1847- 1848	XBR	EA2X2X3/16	250	2	510	7	17	10	213y	30	0.548	560	5	14	200	0.068	510	
7	A325	1S	42	0.177															
19	1803- 1804	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	580	8	24	14	200v	34	0.691	580	8	29	200	0.147		
580	8	A325	1S	42	0.192														

19 1823- 1824 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 24 14 200v 34 0.698 510 8 30 200 0.149
510 8 A325 1S 42 0.193

19 1843- 1844 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 24 14 200v 34 0.698 510 8 30 200 0.149
510 8 A325 1S 42 0.193

19 1849- 1850 HOR EA2X2X3/16 250 2 510 4 9 10 189x 38 0.243 560 5 12 200 0.059 560
5 A325 1S 42 0.107

19 1851- 1852 HOR EA2X2X3/16 250 2 540 4 9 10 189x 38 0.241 600 4 12 200 0.058 600
4 A325 1S 42 0.106

19 1853- 1854 HOR EA2X2X3/16 250 2 580 4 9 10 189x 38 0.241 520 4 12 200 0.058 520
4 A325 1S 42 0.106

19 1855 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 196v 36 0.018 580 0 1 200 0.005 580
0 A325 1S 42 0.007

19 1856 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 196v 36 0.018 510 0 1 200 0.005 510
0 A325 1S 42 0.007

19 1857 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 196v 36 0.018 540 0 1 200 0.005 540
0 A325 1S 42 0.007

20 1901- 1902 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 550 149 4 34v 181 0.819 600 423 123 200 0.615
540 550 A325 2S 758 0.725

20 1921- 1922 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 550 149 4 34v 181 0.819 520 423 123 200 0.615
580 550 A325 2S 758 0.725

20 1941- 1942 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 555 150 4 34v 181 0.827 560 428 124 200 0.623
510 555 A325 2S 758 0.732

20 1905- 1906 XBR EA2X2X3/16 250 2 580 8 18 10 220y 28 0.619 520 6 15 200 0.074 580
8 A325 1S 42 0.187

20	1907- 1908	XBR	EA2X2X3/16	250	2	540	8	18	10	220y	28	0.631	600	6	15	200	0.076	540
8	A325	1S	42	0.191														
20	1925- 1926	XBR	EA2X2X3/16	250	2	510	8	18	10	220y	28	0.622	560	6	15	200	0.073	510
8	A325	1S	42	0.188														
20	1927- 1928	XBR	EA2X2X3/16	250	2	580	8	17	10	220y	28	0.602	520	6	14	200	0.072	580
8	A325	1S	42	0.182														
20	1945- 1946	XBR	EA2X2X3/16	250	2	540	8	17	10	220y	28	0.592	600	5	14	200	0.070	540
8	A325	1S	42	0.179														
20	1947- 1948	XBR	EA2X2X3/16	250	2	510	8	17	10	220y	28	0.602	560	5	14	200	0.071	510
8	A325	1S	42	0.182														
20	1903- 1904	HOR	EA1.5X1.5X3/16	250	2	580	8	24	14	208v	32	0.764	580	8	30	200	0.150	
580	8	A325	1S	42	0.195													

20 1923- 1924 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 24 14 208v 32 0.771 510 8 30 200 0.151
510 8 A325 1S 42 0.197

20 1943- 1944 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 24 14 208v 32 0.771 510 8 30 200 0.151
510 8 A325 1S 42 0.197

20 1949- 1950 HOR EA2X2X3/16 250 2 510 4 9 10 197x 35 0.248 560 4 11 200 0.055 560
4 A325 1S 42 0.101

20 1951- 1952 HOR EA2X2X3/16 250 2 540 4 9 10 197x 35 0.245 600 4 11 200 0.055 600
4 A325 1S 42 0.100

20 1953- 1954 HOR EA2X2X3/16 250 2 580 4 9 10 197x 35 0.245 520 4 11 200 0.055 520
4 A325 1S 42 0.100

20 1955 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 204v 33 0.020 580 0 1 200 0.005 580
0 A325 1S 42 0.007

20 1956 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 204v 33 0.020 510 0 1 200 0.005 510
0 A325 1S 42 0.007

20 1957 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 204v 33 0.020 540 0 1 200 0.005 540
0 A325 1S 42 0.007

21 2001- 2002 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 560 151 4 34v 181 0.835 600 429 124 200 0.624
540 560 A325 2S 758 0.739

21 2021- 2022 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 560 151 4 34v 181 0.835 520 429 124 200 0.624
580 560 A325 2S 758 0.739

21 2041- 2042 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 565 153 4 34v 181 0.842 560 434 126 200 0.631
510 565 A325 2S 758 0.746

21 2005- 2006 XBR EA2X2X3/16 250 2 580 8 18 10 227y 27 0.682 520 6 15 200 0.076 580
8 A325 1S 42 0.193

21 2007- 2008 XBR EA2X2X3/16 250 2 540 8 18 10 227y 27 0.693 600 6 16 200 0.078 540
8 A325 1S 42 0.196

21 2025- 2026 XBR EA2X2X3/16 250 2 510 8 18 10 227y 27 0.684 560 6 15 200 0.076 510
8 A325 1S 42 0.194

21 2027- 2028 XBR EA2X2X3/16 250 2 580 8 18 10 227y 27 0.665 520 6 15 200 0.075 580
8 A325 1S 42 0.189

21 2045- 2046 XBR EA2X2X3/16 250 2 540 8 17 10 227y 27 0.654 600 6 15 200 0.073 540
8 A325 1S 42 0.186

21 2047- 2048 XBR EA2X2X3/16 250 2 510 8 18 10 227y 27 0.665 560 6 15 200 0.074 510
8 A325 1S 42 0.189

21 2003- 2004 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 580 8 25 14 216v 29 0.842 580 8 31 200 0.153
580 8 A325 1S 42 0.199

21 2023- 2024 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 25 14 216v 29 0.849 510 8 31 200 0.154
510 8 A325 1S 42 0.201

21 2043- 2044 HOR EA1.5X1.5X3/16 250 2 510 8 25 14 216v 29 0.849 510 8 31 200 0.154
510 8 A325 1S 42 0.201

21 2049- 2050 HOR EA2X2X3/16 250 2 510 4 8 10 205x 33 0.249 560 4 10 200 0.052 560
4 A325 1S 42 0.095

21 2051- 2052 HOR EA2X2X3/16 250 2 540 4 8 10 205x 33 0.246 600 4 10 200 0.051 600
4 A325 1S 42 0.094

21 2053- 2054 HOR EA2X2X3/16 250 2 580 4 8 10 205x 33 0.246 520 4 10 200 0.051 520
4 A325 1S 42 0.094

21 2055 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 212v 30 0.022 580 0 1 200 0.005 580
0 A325 1S 42 0.007

21 2056 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 212v 30 0.022 510 0 1 200 0.005 510
0 A325 1S 42 0.007

21 2057 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 212v 30 0.022 540 0 1 200 0.005 540
0 A325 1S 42 0.007

22 2101- 2102 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 571 154 4 34v 181 0.850 600 435 126 200 0.632
540 571 A325 2S 1348 0.423

22 2121- 2122 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 571 154 4 34v 181 0.851 520 435 126 200 0.632
580 571 A325 2S 1348 0.424

22 2141- 2142 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 576 156 4 34v 181 0.858 560 440 128 200 0.639
510 576 A325 2S 1348 0.427

22 2105- 2106 XBR EA2X2X1/4 250 2 580 9 15 10 237y 24 0.633 520 7 13 200 0.064 580
9 A325 1S 42 0.220

22 2107- 2108 XBR EA2X2X1/4 250 2 540 9 16 10 237y 24 0.641 600 7 13 200 0.065 540
9 A325 1S 42 0.223

22 2125- 2126 XBR EA2X2X1/4 250 2 510 9 15 10 237y 24 0.634 560 6 13 200 0.063 510
9 A325 1S 42 0.221

22 2127- 2128 XBR EA2X2X1/4 250 2 580 9 15 10 237y 24 0.619 520 6 13 200 0.063 580
9 A325 1S 42 0.215

22 2145- 2146 XBR EA2X2X1/4 250 2 540 9 15 10 237y 24 0.610 600 6 12 200 0.061 540
9 A325 1S 42 0.212

22 2147- 2148 XBR EA2X2X1/4 250 2 510 9 15 10 237y 24 0.619 560 6 12 200 0.062 510
9 A325 1S 42 0.216

22 2103- 2104 HOR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 9 19 14 227v 27 0.731 580 9 24 200 0.122
580 9 A325 1S 42 0.203

22 2123- 2124 HOR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 9 20 14 227v 27 0.737 510 9 24 200 0.123
510 9 A325 1S 42 0.204

22 2143- 2144 HOR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 9 20 14 227v 27 0.737 510 9 24 200 0.123
510 9 A325 1S 42 0.204

22 2149- 2150 HOR EA2.5X2.5X3/16 250 2 510 4 7 10 177x 44 0.164 560 5 9 200 0.044 560
5 A325 1S 42 0.108

22 2151- 2152 HOR EA2.5X2.5X3/16 250 2 540 4 7 10 177x 44 0.162 600 5 9 200 0.044 600
5 A325 1S 42 0.107

22 2153- 2154 HOR EA2.5X2.5X3/16 250 2 580 4 7 10 177x 44 0.163 520 5 9 200 0.044 520
5 A325 1S 42 0.107

22 2155 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 221v 28 0.026 580 0 1 200 0.006 580
0 A325 1S 42 0.007

22 2156 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 221v 28 0.026 510 0 1 200 0.006 510
0 A325 1S 42 0.007

22 2157 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 221v 28 0.026 540 0 1 200 0.006 540
0 A325 1S 42 0.007

23 2201- 2202 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 583 158 4 34v 181 0.868 600 441 128 200 0.641
540 583 A325 2S 1348 0.432

23 2221- 2222 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 583 158 4 34v 181 0.868 520 441 128 200 0.641
580 583 A325 2S 1348 0.432

23 2241- 2242 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 588 159 4 34v 181 0.876 560 446 129 200 0.648
510 588 A325 2S 1348 0.436

23 2205- 2206 XBR EA2X2X1/4 250 2 580 9 15 10 244y 23 0.666 520 7 13 200 0.064 580
9 A325 1S 42 0.218

23 2207- 2208 XBR EA2X2X1/4 250 2 540 9 16 10 244y 23 0.675 600 7 13 200 0.066 540
9 A325 1S 42 0.221

23 2225- 2226 XBR EA2X2X1/4 250 2 510 9 15 10 244y 23 0.668 560 7 13 200 0.064 510
9 A325 1S 42 0.219

23 2227- 2228 XBR EA2X2X1/4 250 2 580 9 15 10 244y 23 0.652 520 6 13 200 0.063 580
9 A325 1S 42 0.214

23 2245- 2246 XBR EA2X2X1/4 250 2 540 9 15 10 244y 23 0.644 600 6 12 200 0.062 540
9 A325 1S 42 0.211

23 2247- 2248 XBR EA2X2X1/4 250 2 510 9 15 10 244y 23 0.653 560 6 12 200 0.062 510
9 A325 1S 42 0.214

23 2203- 2204 HOR EA1.5X1.5X1/4 250 2 580 9 20 14 236v 25 0.803 580 9 25 200 0.124
580 9 A325 1S 42 0.207

23 2223- 2224 HOR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 9 20 14 236v 25 0.809 510 9 25 200 0.125
510 9 A325 1S 42 0.209

23 2243- 2244 HOR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 9 20 14 236v 25 0.809 510 9 25 200 0.125
510 9 A325 1S 42 0.209

23 2249- 2250 HOR EA2.5X2.5X3/16 250 2 510 4 7 10 183x 41 0.172 560 5 9 200 0.044 560
5 A325 1S 42 0.107

23 2251- 2252 HOR EA2.5X2.5X3/16 250 2 540 4 7 10 183x 41 0.170 600 4 9 200 0.044 600
4 A325 1S 42 0.106

23 2253- 2254 HOR EA2.5X2.5X3/16 250 2 580 4 7 10 183x 41 0.170 520 4 9 200 0.044 520
4 A325 1S 42 0.106

23 2255 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 229v 26 0.029 580 0 1 200 0.006 580
0 A325 1S 42 0.008

23 2256 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 229v 26 0.029 510 0 1 200 0.006 510
0 A325 1S 42 0.008

23 2257 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 229v 26 0.029 540 0 1 200 0.006 540
0 A325 1S 42 0.008

24 2301- 2302 LEG EA6X6X1/2 250 8 540 594 161 4 34v 181 0.885 600 447 130 200 0.650
540 594 A325 2S 1348 0.441

24 2321- 2322 LEG EA6X6X1/2 250 8 580 594 161 4 34v 181 0.885 520 447 130 200 0.650
580 594 A325 2S 1348 0.441

24 2341- 2342 LEG EA6X6X1/2 250 8 510 599 162 4 34v 181 0.892 560 452 131 200 0.657
510 599 A325 2S 1348 0.444

24 2305- 2306 XBR EA2X2X1/4 250 2 580 10 17 10 252y 22 0.795 520 7 14 200 0.070 580
10 A325 1S 42 0.245

24	2307- 2308	XBR	EA2X2X1/4	250	2	540	10	17	10	252y	22	0.803	600	7	14	200	0.071	540
10	A325	1S	42	0.248														
24	2325- 2326	XBR	EA2X2X1/4	250	2	510	10	17	10	252y	22	0.796	560	7	14	200	0.069	510
10	A325	1S	42	0.246														
24	2327- 2328	XBR	EA2X2X1/4	250	2	580	10	17	10	252y	22	0.781	520	7	14	200	0.069	580
10	A325	1S	42	0.241														
24	2345- 2346	XBR	EA2X2X1/4	250	2	540	10	17	10	252y	22	0.773	600	7	13	200	0.068	540
10	A325	1S	42	0.239														
24	2347- 2348	XBR	EA2X2X1/4	250	2	510	10	17	10	252y	22	0.783	560	7	14	200	0.068	510
10	A325	1S	42	0.242														
24	2303- 2304	HOR	EA1.5X1.5X1/4	250	2	580	9	20	14	244v	23	0.878	580	9	25	200	0.127	
580	9	A325	1S	42	0.211													

24 2323- 2324 HOR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 9 20 14 244v 23 0.885 510 9 25 200 0.128
 510 9 A325 1S 42 0.213

24 2343- 2344 HOR EA1.5X1.5X1/4 250 2 510 9 20 14 244v 23 0.885 510 9 25 200 0.128
 510 9 A325 1S 42 0.213

24 2349- 2350 HOR EA2.5X2.5X3/16 250 2 510 5 8 10 189x 38 0.211 560 5 10 200 0.051
 560 5 A325 1S 42 0.125

24 2351- 2352 HOR EA2.5X2.5X3/16 250 2 540 5 8 10 189x 38 0.209 600 5 10 200 0.051
 600 5 A325 1S 42 0.124

24 2353- 2354 HOR EA2.5X2.5X3/16 250 2 580 5 8 10 189x 38 0.209 520 5 10 200 0.051
 520 5 A325 1S 42 0.124

24 2355 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 520 0 1 14 237v 24 0.035 580 0 1 200 0.007 580
 0 A325 1S 42 0.009

24 2356 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 560 0 1 14 237v 24 0.035 510 0 1 200 0.007 510
 0 A325 1S 42 0.009

24 2357 PBR EA1.5X1.5X3/16 250 2 600 0 1 14 237v 24 0.035 540 0 1 200 0.007 540
 0 A325 1S 42 0.009

Mass Summary

Sect	Size	fy	L (m)	M (kg)
10	EA1.5X1.5X3/16 Y	250	359.56	959.67
11	EA1.5X1.5X1/4 Y	250	250.84	866.42
12	EA1.75X1.75X3/1Y	250	28.80	88.17
13	EA2X2X3/16 Y	250	232.42	821.02
14	EA2.5X2.5X3/16 Y	250	39.60	180.30

15 EA2.5X2.5X1/4 Y 250 18.00 105.97

21 EA4X4X1/4 Y 250 18.00 176.62

28 EA5X5X3/8 Y 250 18.00 329.23

29 EA5X5X1/2 Y 250 18.00 430.96

30 EA5X5X5/8 Y 250 36.03 1066.29

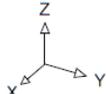
34 EA6X6X1/2 Y 250 90.15 2618.40

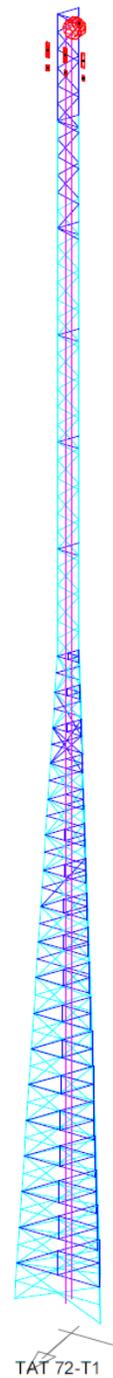
35 EA2X2X1/4 Y 250 88.65 417.56

8060.62

FIGURA N° 5. 2 Esquema de ratios de esfuerzos.

Design Ratios - % of Code Capacity:
<= 50 
<= 95 
<= 100 
<= 105 
<= 110 
> 110 


theta: 300 phi: 30



Fuente: Elaboración Propia.

Reporte de Desplazamientos (V=75 Km/hr.)

NODE DISPLACEMENTS - Node: 28 Restraint Code: 000000						
Case	trans-x	trans-y	trans-z	rot-x	rot-y	rot-z
500	0.0068	0.0008	-0.0012	-0.0001	0.0003	-0.0000
510	-0.6914	-0.0005	-0.0148	-0.0002	-0.0193	0.0017
515	-0.5420	-0.3026	-0.0119	0.0081	-0.0151	0.0011
520	-0.3098	-0.5069	-0.0075	0.0137	-0.0086	0.0003
530	0.0107	-0.6068	-0.0011	0.0166	0.0006	-0.0017
540	0.3587	-0.5806	0.0056	0.0158	0.0104	-0.0023
550	0.5474	-0.2984	0.0093	0.0082	0.0156	-0.0020
560	0.6115	0.0018	0.0105	0.0000	0.0173	-0.0014
570	0.5473	0.3019	0.0093	-0.0082	0.0154	-0.0007
580	0.3585	0.5836	0.0056	-0.0158	0.0100	0.0002
590	0.0105	0.6086	-0.0011	-0.0167	0.0003	0.0013
600	-0.3100	0.5066	-0.0075	-0.0139	-0.0089	0.0023
610	-0.5421	0.3017	-0.0119	-0.0084	-0.0153	0.0022

TABLA N° 5. 4 Evaluación de Torre autoportada de sección triangular de 72m tipo T1 a 75km.

CONDICIÓN CRÍTICA	EVAL TAT 72-T1 75KM	
X	0.6914	
Y	0.6086	
D ² max (m)=	0.8484	
Dmax (m)=	0.9211	
h (m)	72.00	
qmax (°)	0.733	<0.75
torsión (rad)	0.0023	
torsión (°)	0.132	<0.30

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 5. 5 Evaluación de torre autoportada de sección triangular de 72m a 75 kph según nivel de desplazamiento.

A NIVEL DE DESPLAZAMIENTOS					
Velocidad del viento	Máximo Desplazamiento en la torre	Angulo de deflexión admisible	Angulo de deflexión en la torre	Angulo de torsión admisible	Angulo de torsión en la torre
75 KPH	0.9211M	0.75°	0.733° (OK)	0.30°	0.132° (OK)

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 5. 6 Verificación a nivel de esfuerzo Torre autoportada de sección triangular de 72m tipo T1 a 100 kph.

Verificación a Nivel de Esfuerzos (100kph)		
Elemento	Máx. Ratio	Status
Montante	0.892	OK
Diagonales	0.885	OK
Horizontales	0.085	OK

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis, la relación máxima entre el esfuerzo actuante y el esfuerzo admisible es ≤ 0.90 , para una velocidad de viento de 100kph. Se concluye que la torre Cumple con el criterio de Resistencia.

Respecto a los ángulos máximos de deflexión y torsión, en la cima de la torre, para una velocidad de viento de 75kph, estos se encuentran por debajo de los límites establecidos por el operador. Se concluye que la torre cumple con los requerimientos de deflexión y torsión.

5.2.3. Evaluación de placas base de la torre

Para la evaluación de las placas base de las torres se tendrá en consideración los siguientes parámetros, los cuales deben ser reflejados en el programa SAP 2000.

Para las cargas por efecto del viento sobre la estructura en distintos casos según el ángulo de incidencia del viento sobre la estructura se estará considerando una velocidad de viento de 100 km/h, así mismo, se mostrará las reacciones por peso de la estructura misma.

Se verificará el espesor de la placa base teniendo en consideración el límite de fluencia para efectos de aplastamiento como tracción, el momento de diseño lo tenemos en la siguiente expresión según el autor McCormac, Diseño de estructuras metálicas Método ASD 4ta Edición:

$$M = \frac{F_b t^2}{6}$$

Ecuación N° 5. 7 Momento de fluencia.

Donde:

$$F_b = 0.75F_y$$

$$F_y = 2350 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

t = Espesor requerido

Despejando tenemos que:

$$t = \sqrt{\frac{6M}{F_b}}$$

Placa base de torre triangular TAT 72-T1

Tabulación de las reacciones en las bases de la torre para cada ángulo de incidencia.

TABLA N° 5. 7 Tabulación de las reacciones en las placas base para cada ángulo de incidencia.

CASO	VIENTO	NODO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
200	0°	2303	-11.871	20.246	285.837	0	0	0
		2307	-12.026	-20.157	285.837	0	0	0
		2327	-46.938	-0.089	-571.674	0	0	0
205	30°	2303	-0.183	0.177	4.868	0	0	0
		2307	-17.917	-30.895	437.435	0	0	0
		2327	-35.96	-0.169	-442.303	0	0	0
210	60°	2303	9.724	-16.967	-237.042	0	0	0
		2307	-19.835	-34.518	488.01	0	0	0
		2327	-20.255	-0.183	-250.968	0	0	0
220	90°	2303	17.604	-30.909	-434.568	0	0	0
		2307	-17.593	-30.831	433.103	0	0	0
		2327	0.073	-0.12	1.465	0	0	0
230	120°	2303	23.142	-40.44	-564.827	0	0	0
		2307	-11.186	-20.183	277.964	0	0	0
		2327	23.521	-0.232	286.862	0	0	0
240	150°	2303	17.748	-30.862	-435.165	0	0	0
		2307	0.328	0.036	-3.867	0	0	0
		2327	35.796	-0.02	439.032	0	0	0
250	180°	2303	10.007	-17.287	-245.353	0	0	0
		2307	10.129	17.216	-245.353	0	0	0
		2327	39.949	0.071	490.707	0	0	0
260	210°	2303	0.212	-0.102	-3.867	0	0	0
		2307	17.863	30.795	-435.165	0	0	0
		2327	35.796	0.153	439.032	0	0	0
270	240°	2303	-11.274	20.133	277.964	0	0	0
		2307	23.23	40.389	-564.827	0	0	0
		2327	23.521	0.333	286.862	0	0	0
280	270°	2303	-17.607	30.822	433.103	0	0	0
		2307	17.618	30.901	-434.568	0	0	0
		2327	0.073	0.137	1.465	0	0	0
290	300°	2303	-19.719	34.585	488.01	0	0	0
		2307	9.609	17.033	-237.042	0	0	0
		2327	-20.255	0.05	-250.968	0	0	0
300	330°	2303	-17.77	30.98	437.435	0	0	0
		2307	-0.33	-0.092	4.868	0	0	0
		2327	-35.96	0	-442.303	0	0	0
CASO		NODO	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
100		2303	1.351	-2.386	-30.596	0	0	0
		2307	1.353	2.387	-30.682	0	0	0
		2327	-2.704	-0.001	-28.914	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tenemos como valores máximos tanto para los efectos eólicos como para los de gravedad (peso) los siguientes:

Montante sometido a máxima carga de compresión:

Carga muerta: $F_z = -28.914 \text{ Tn.}$

Viento en dirección 0° :

$F_x = -46.938 \text{ KN}$ $F_y = -0.089 \text{ KN}$ $F_z = -571.674 \text{ KN}$

Montante sometido a máxima carga de tracción:

Carga muerta: $F_z = -28.914 \text{ Tn.}$

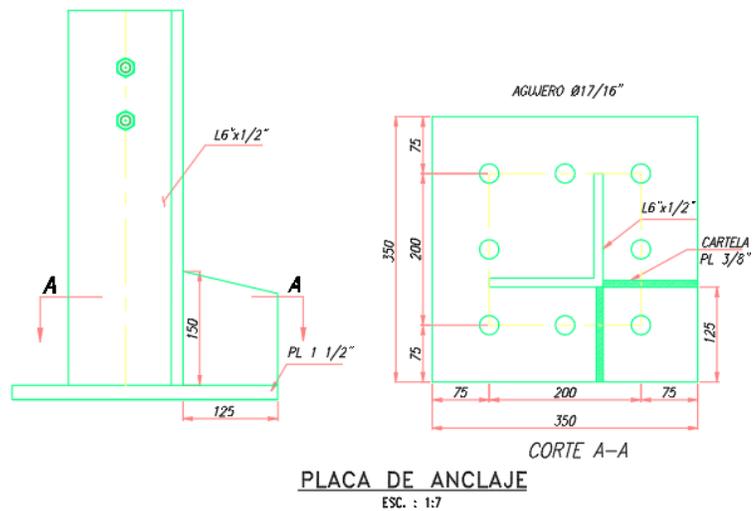
Viento en dirección 180° :

$F_x = 39.949 \text{ KN}$ $F_y = 0.071 \text{ KN}$ $F_z = 490.707 \text{ KN}$

Esquema de placa base:

Como modelo tenemos que la placa base contará con las dimensiones de 350x350mm con un espesor de 1 1/2", así mismo, contará con 08 espárragos de 1" y 02 cartelas rígidas de 150x75mm con espesor de 3/8", que serán soldadas a la plancha y montante de L 6"X1/2".

FIGURA N° 5. 3 Detalle placa de anclaje.



Fuente: Elaboración Propia.

Propiedades mecánicas de los materiales

Planchas estructurales con resistencia mínima a la fluencia de $F_y=2530\text{Kg/cm}^2$, ASTM A36.

Módulo de Elasticidad para el Acero Estructural $E = 2.10 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad para el Concreto $E = 2.17 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$

Densidad del acero: 7.850 tn/m^3

Barras de anclaje: Acero SAE 1045, $F_y = 4000\text{Kg/cm}^2$, $F_U = 6700\text{Kg/cm}^2$.

Para realizar el modelamiento de la estructura se ha utilizado el SAP 2000, tanto la placa base, pernos de anclaje, montante y cartelas de rigidez. Para la rigidez por unidad de área del concreto sobre la placa base utilizaremos la fórmula de Timoshenko y Godier.

$$\frac{k}{A} = \frac{E_c}{m(1 - \nu^2)\sqrt{A}} = 6855.25654 \frac{kg}{cm^3}$$

Ecuación N° 5. 8 Ecuación de rigidez por unidad de área de concreto.

Donde:

k/A= Rigidez por unidad de área

A=35cmx35cm (Área de placa base)

$E_c=15100\sqrt{f'c}=15100\sqrt{210kg/cm^2}=2.2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ (Modulo de elasticidad de concreto)

$\nu=0.2$ módulo de Poisson

$m=0.95$ Para zapatas de forma cuadrada

Consideraciones tomadas para el diseño

Según el método de cálculo AISD (AISC-ASD-89):

1ra Combinación: D + Wo (compresión)

2da Combinación: 0.6D + Wo (tracción)

Ecuación N° 5. 9 Combinaciones de carga para placas base

Donde:

D: Carga muerta de la estructura y accesorios, incluyendo antenas y accesorios.

Wo: Carga eólica sin hielo.

Reacciones para caso de compresión:

De lo cual tenemos las siguientes cargas:

$$F_x = -46.938 \text{ KN} \quad F_y = -0.089 \text{ KN} \quad F_z = -571.674 \text{ KN}$$

$$F_x = -4784.70 \text{ Kg} \quad F_y = -9.07 \text{ Kg} \quad F_z = -58274.61 \text{ Kg}$$

Reacciones para caso de tracción:

De lo cual tenemos las siguientes cargas:

$$F_x = 39.949 \text{ KN} \quad F_y = 0.071 \text{ KN} \quad F_z = 490.707 \text{ KN}$$

$$F_x = 4072.27 \text{ Kg} \quad F_y = 7.23 \text{ Kg} \quad F_z = 50021.101 \text{ Kg}$$

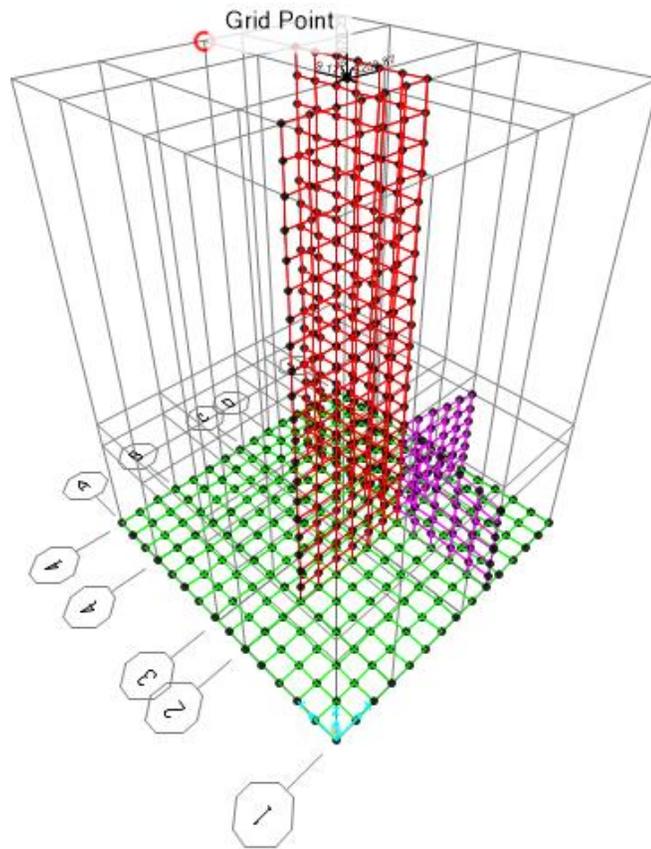
Verificación de espesor de plancha base

Para la verificación de los espesores de plancha utilizaremos la formula antes detallada.

Para la combinación 1:

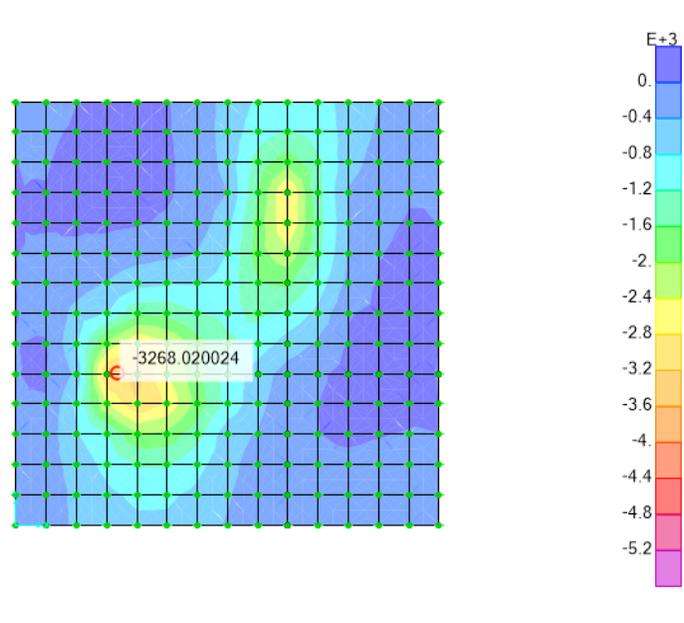
Utilizando el SAP 2000, dibujaremos el miembro metálico a analizar cargando las fuerzas de compresión:

FIGURA N° 5. 4 Vista de fuerzas a compresión actuantes.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 5. 5 Vista de esfuerzos a compresión actuantes.



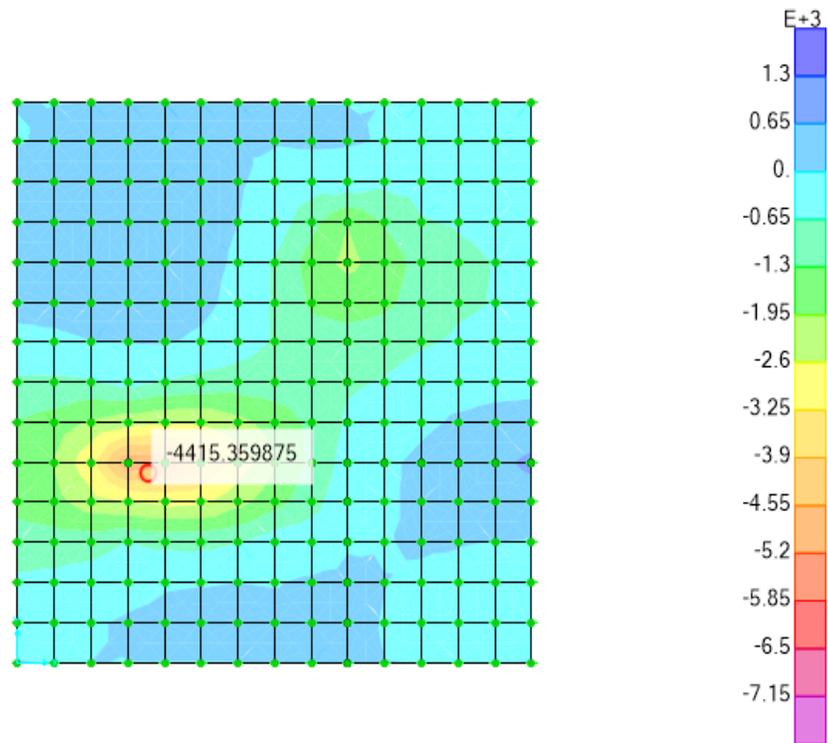
Fuente: Elaboración Propia.

Momentos flectores últimos M_{11} por unidad de longitud sobre la placa base para la combinación 1.

$$M_{11} = 3268.0220024 \text{ kgf.cm}$$

$$t = 3.21 \text{ cm}$$

FIGURA N° 5. 6 Vista de esfuerzos a compresión actuantes.



Elaboración: Fuente Propia

Momentos flectores últimos M^2 por unidad de longitud sobre la placa base para la combinación 1.

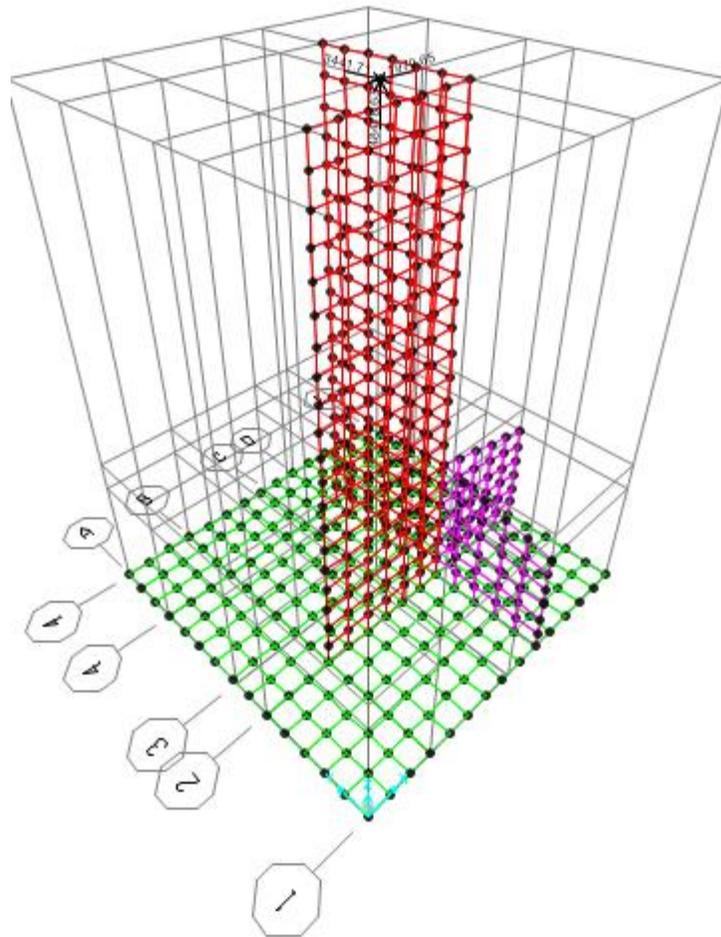
$M^2 = 4415.359875 \text{ kgf.cm}$

$t = 3.74 \text{ cm}$

Para la combinación 2:

Utilizando el SAP 2000, dibujaremos el miembro metálico a analizar cargando las fuerzas de tracción:

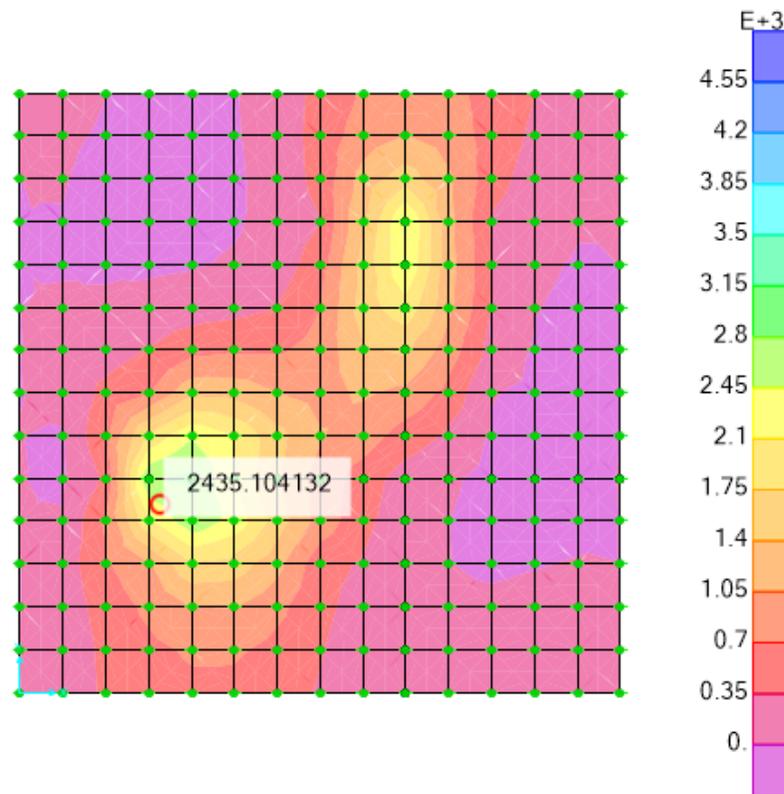
FIGURA N° 5. 7 Vista de fuerzas a compresión actuantes.



Fuente: Elaboración Propia

Esquema en isométrica de la placa base con efecto de las fuerzas de tracción.

FIGURA N° 5. 8 Vista de esfuerzos a tracción actuantes.



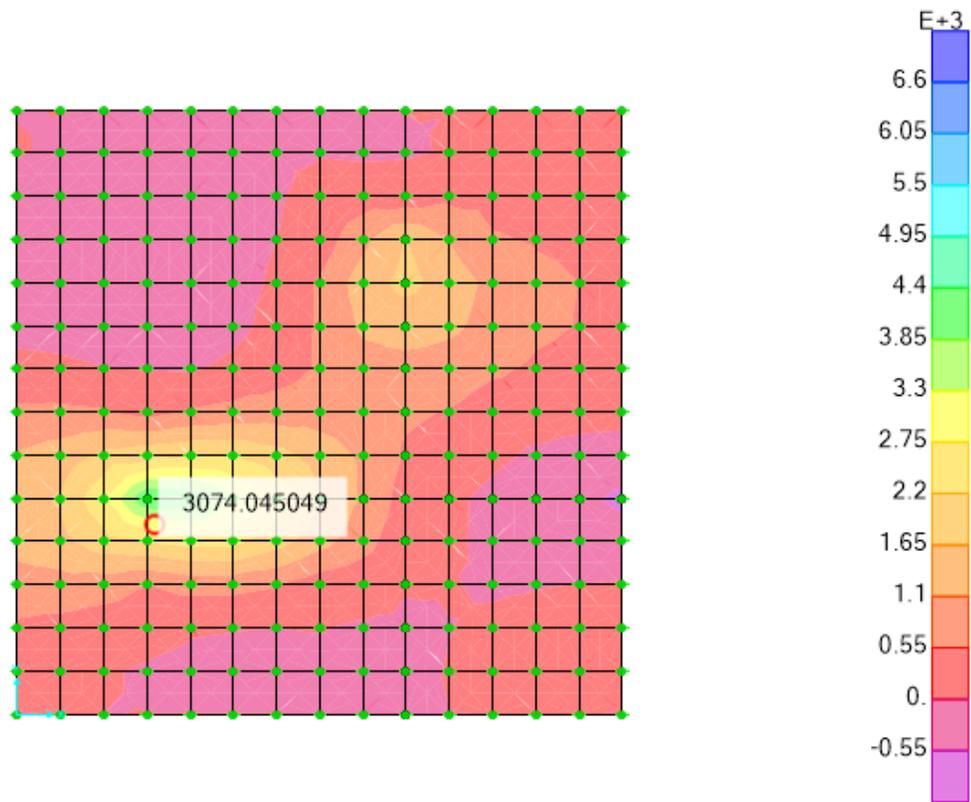
Fuente: Elaboración propia.

Momentos flectores últimos M_{11} por unidad de longitud sobre la placa base para la combinación 2.

$$M_{11} = 2435.104132 \text{ kgf.cm}$$

$$t = 2.77 \text{ cm}$$

FIGURA N° 5. 9 Vista de esfuerzos a tracción actuantes.



Fuentes: Elaboración Propia.

Momentos flectores últimos M^2 por unidad de longitud sobre la placa base para la combinación 2.

$M^2=3074.045049 \text{ kgf.cm}$

$t= 3.12 \text{ cm}$

Verificación de pernos de anclaje

Se está proponiendo utilizar pernos de anclaje de 1"de diámetro, para esta verificación utilizaremos la expresión también indicada en McCormac Diseño de estructuras metálicas Método ASD 4ta Edición:

$$T_a = \frac{0.75 F_u A_b}{\Omega}$$

Ecuación N° 5. 10 Fuerza de tensión admisible por barra de anclaje

Ω: Factor de seguridad para tensión= 2

Fu: Esfuerzo último de la barra de anclaje= 6700 kgf/cm²

Ab: Área nominal de la barra de anclaje= 5.07 cm²

Donde para cada diámetro tenemos un área:

TABLA N° 5. 8 Área nominal de barra de anclaje según diámetros comerciales.

Diámetros	Area cm2
1/2"	1.27
5/8"	1.98
3/4"	2.85
1"	5.07
1 1/4"	7.92
1 1/2"	11.40

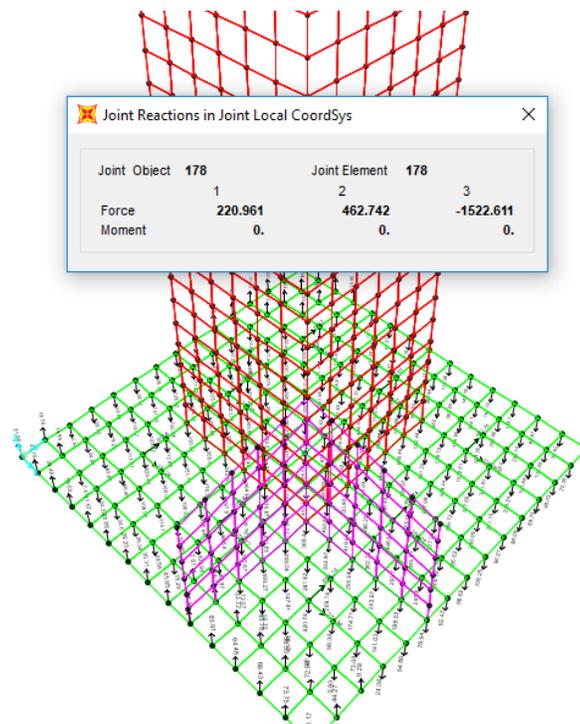
Fuente: Elaboración Propia.

De los datos reemplazados tenemos que la tensión admisible es:

Ta= 12.73 Tnf

Del SAP 2000 tenemos que para tracción tenemos como máxima tensión:

FIGURA N° 5. 10 Vista a tracción actuantes.



Fuente: Elaboración Propia.

Tmax= -1522.611 kgf = -1.522 TnF

Donde Ta > Tmax OK!

Bajo los siguientes resultados, se concluye:

Es suficiente una plancha de 1 1/2" de espesor tal como se ha propuesto.

Las barras de anclaje pueden ser de 1" de diámetro según lo propuesto.

5.3. Resumen de resultados del proyecto

Mediante la aplicación del diseño triangular en las torres autoportadas del Proyecto Regional de Banda Ancha, obtuvimos un ahorro en fabricación de estructura cuantificada en peso de 559.550 Tn el cual representa en costo de fabricación de \$ 1,119,101.76.

El ahorro en costo de fabricación ha sido calculado en base a los costos de mercado ya estandarizados, en este caso se ha manejado el estándar seguido por las siguientes empresas Metal Mecánicas, que manejan el precio de fabricación de estructura metálica galvanizada según la norma ASTM A123, la cual indica la TIA 222-F como estándar para el acabado de galvanizado.

TABLA N° 5. 9 Comparación de costos entre empresas.

EMPRESAS	COSTO DE FABRICACION \$/KG
TECNICAS METALICAS INGENIEROS SAC	\$ 2.00
METALES INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC	\$ 2.00
MEGA ESTRUCTURAS SAC	\$ 2.00

Fuente: Elaboración propia

Estos costos de mercado fueron contrastados con la información en el artículo web “Generador de Precios” de la empresa CYPE Ingenieros S.A. donde

indican que el \$/kg de estructura pernada (incluyendo los elementos de fijación) sin galvanizar tiene el costo de 3.10 Soles/kg equivalente a 0.91 \$/kg considerando una T.C. 3.4 soles.

CYPE Ingenieros S.A., Generador de precios Perú. Disponible en: http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/Estructuras/Acero/Estructuras_para_techos/Acero_en_correas_metalicas_1_0_0_0_0.html. Artículo web consultado el 12 de junio de 2020.

Al costo anterior adicionamos el costo de galvanizado que mantiene actualmente la empresa INDUZINC 0.9 \$/kg y el costo de transporte al área de galvanizado y recojo correspondiente a 0.1 \$/kg, con lo que tendremos un total de 1.91 \$/kg, lo cual corrobora que el precio que se maneja en el mercado es realista.

TABLA N° 5. 10 Resultados de la relación de tipos de torres y comparación de pesos.

TIPO TORRE	PESO PACKING LIST CUADRADA (KG)	PESO PACKING LIST TRIANGULAR (KG)	DIFERENCIA DE PESO (KG)	CANTIDAD DE TORRES DEL PROYECTO POR TIPO	PESO AHORRADO POR TIPO DE TORRE (KG)	COSTO POR KG DE ESTRUCTURA (\$/KG)	AHORRO CONSEGUIDO POR TIPO DE TORRE (\$)
15-T1	923.64	869.24	54.4	135	7344	2	\$14,688.00
18-T1	1221.89	1024.76	197.13	388	76486.44	2	\$152,972.88
18-T2	1319.71	1244.73	74.98	34	2549.32	2	\$5,098.64
21-T1	1425.62	1275.41	150.22	82	12318.04	2	\$24,636.08
21-T2	1577.09	1393.48	183.61	19	3488.59	2	\$6,977.18
24-T1	1742.51	1581.73	160.79	98	15757.42	2	\$31,514.84
24-T2	1892.75	1715.7	177.06	10	1770.6	2	\$3,541.20
30-T1	2273.57	1882.7	390.87	80	31269.6	2	\$62,539.20
30-T2	2600.06	2341.96	258.1	45	11614.5	2	\$23,229.00
36-T1	3773.94	2976.11	797.83	80	63826.4	2	\$127,652.80
36-T2	4272.17	3664.23	607.94	65	39516.1	2	\$79,032.20
48-T1	5936.63	5227.42	709.21	67	47517.07	2	\$95,034.14
48-T2	6843.77	5490.7	1353.08	62	83890.96	2	\$167,781.92
54-T1	7230.33	6302.95	927.38	43	39877.34	2	\$79,754.68
54-T2	8350.36	7998.95	351.41	48	16867.68	2	\$33,735.36
60-T1	10030.21	8217.89	1812.32	15	27184.8	2	\$54,369.60
66-T1	11526.14	9342.95	2183.18	20	43663.6	2	\$87,327.20
72-T1	13618.22	10472.01	3146.22	11	34608.42	2	\$69,216.84
							\$1,119,101.76

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se ingresó los datos obtenidos en el proyecto inicial con las torres de sección cuadrada en referencia al metrado considerado en el packing list de cada uno de los 18 tipos de torre, así mismo, se ingresó los datos obtenidos en el diseño de sección triangular para cada tipo de torre, considerándose también el metrado según el packing list para los 18 tipos de torre, con lo que obtuvimos una diferencia de peso de estructura, este se convierte en significativo al considerar que el proyecto consta de un total de 1302 torres considerando los 18 diferentes tipos.

Se ingresó también el costo unitario de fabricación de la estructura por unidad de peso (\$/kg), el cual, al multiplicarlo por el peso ahorrado en cada tipo de torre, nos brindó el ahorro total obtenido al proyecto, el cual, al sumarlos nos brindó en total un ahorro de \$1,119,101.76.

Para recalcar el ahorro descrito se resume en la siguiente relación:

Peso de estructura total inicial del proyecto: 3'923,274.23 Kg

Costo unitario de fabricación del proyecto: 2 \$/kg

Costo inicial de fabricación del proyecto: \$ 7,846,548.46

Peso de estructura total propuesto del proyecto: 3'363,725.78 Kg

Costo unitario de fabricación del proyecto: 2 \$/kg

Costo propuesto de fabricación del proyecto: \$ 6,727,451.56

CAPITULO VI

DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

Mediante el diseño estructural comparativo entre las torres de telecomunicaciones de sección cuadradas y triangulares, se obtuvo que el diseño triangular incidió significativamente en sus costos de fabricación, al lograr un ahorro de \$1,119,101.76 cumpliendo con el método de esfuerzos permisibles y la normativa TIA/EIA-222 F.

En el análisis estructural obtenido mediante el uso de los softwares MS TOWER y SAP 2000 se obtuvo que en todos los casos los ratios de esfuerzo en los perfiles han sido por debajo de 0.98, así mismo, se ha tenido la máxima flexión por debajo de los 0.75° y la máxima torsión por debajo de los 0.30° , lo cual nos permite estar dentro de los parámetros de la norma TIA EIA 222-F y los requerimientos del enlace.

El uso de los softwares en el diseño estructural nos confirmó que se cumplió satisfactoriamente con los parámetros establecidos por rigidez, resistencia y estabilidad de la norma TIA/EIA 222-F.

6.2. Contratación de resultados con otros estudios similares

Boj (2013), en su trabajo de investigación con el título: “Metodología de optimización en el diseño de estructuras metálicas de soporte para antenas de telecomunicaciones en la industria celular”, en la conclusión que indica “Es posible optimizar los recursos empleados en la creación e instalación de una torre por medio del diseño y asegurar el desempeño de la misma bajo escenarios críticos.” Se contrasta con los resultados que obtenemos en la presente investigación, dado que se optimizó el diseño estructural cambiando la geometría inicial de la torre de telecomunicaciones de una cuadrada a una triangular, esto claramente depende del diseñador y el proceso de selección del tipo de torre.

Silva (2016), en su tesis titulada: “Rediseño de la estructura de la torre auto soportada de H=71m para que soporte las antenas de radiofrecuencia y microondas existentes, y 06 antenas de microondas futuras ubicada en la estación 0101711_pi_el_alto, Piura”, se puede contrastar que la aplicación del programa MS TOWER es una herramienta que nos ayuda a verificar que los resultados obtenidos en las evaluaciones de operación de las torres auto soportadas cumplen con la norma TIA EIA 222-F.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

- a) Se realizó el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas empleando la norma TIA EIA 222F y la utilización de los softwares Ms Tower y SAP 2000, en base a su resistencia, rigidez y estabilidad. Con esto se corroboró el cumplimiento según la norma TIA/EIA – 222 F, así mismo en base al criterio del peso de las torres de telecomunicaciones se concluyó que el diseño triangular permite un ahorro en su costo de fabricación de \$1,119,101.76 al compararlo con la torre de telecomunicación cuadrada.
- b) El diseño estructural de las torres de telecomunicaciones triangulares y cuadradas se realizó mediante la aplicación de los softwares Ms Tower y SAP 2000, dichos resultados han sido contrastados con la norma TIA/ EIA 222-F, otorgándonos un ratio de resistencia menor a 1 y deformaciones menores a 0.75° en flexión y 0.30° en torsión.
- c) Se realizó el análisis comparativo en los costos de fabricación comparando los pesos de la estructura en ambos diseños, con lo que tenemos un peso menor en todos los diseños triangulares el cual nos representará el ahorro ya que el costo de fabricación está directamente relacionado a cada kilogramo fabricado de estructura metálica, ese fue calculado en \$1,119,101.76.

En el caso de las torres cuadradas tenemos como peso total del proyecto 3'923,274.23 Kg, el cual considerando el costo de fabricación de las torres de 2\$/kg, tenemos un total de inversión de \$7,846,548.46.

En el caso de las torres triangulares tenemos como peso total del proyecto 3'363,723.35 Kg, el cual considerando el costo de fabricación de las torres de 2\$/kg, tenemos un total de inversión de \$6,727,446.70.

- d)** Se realizó la validación estructural mediante la verificación de los resultados obtenidos en los softwares Ms Tower y SAP 2000, los cuales al compararlos con los parámetros establecidos por la norma TIA/EIA 222-F nos indican que están conforme al tener ratio de resistencia menor a 1 y deformaciones menores a 0.75° en flexión y 0.30° en torsión.

A continuación, veremos un resumen de los parámetros estructurales obtenidos en cada uno de los modelos estructurales tanto para el diseño cuadrado como para el diseño triangular.

TABLA N° 7. 1 Resumen de parámetros estructurales por tipo de torre y altura.

TIPO DE TORRE	FLEXION		ROTACION		RATIO					
	CUADRADA	TRIANGULAR	CUADRADA	TRIANGULAR	CUADRADO			TRIANGULAR		
					MONTANTE	DIAGONAL	HORIZONTAL	MONTANTE	DIAGONAL	HORIZONTAL
15-T1	0.25°	0.165°	0.09°	0.06°	0.930	0.300	0.010	0.900	0.740	0.100
18-T1	0.15°	0.24°	0.03°	0.08°	0.910	0.300	0.010	0.939	0.924	0.027
18-T2	0.19°	0.231°	0.04°	0.07°	0.870	0.450	0.020	0.902	0.609	0.036
21-T1	0.22°	0.243°	0.034°	0.097°	0.960	0.360	0.012	0.856	0.569	0.076
21-T2	0.25°	0.352°	0.052°	0.13°	0.930	0.500	0.028	0.863	0.801	0.194
24-T1	0.29°	0.319°	0.10°	0.23°	0.890	0.500	0.230	0.866	0.763	0.068
24-T2	0.29°	0.378°	0.063°	0.15°	0.810	0.590	0.290	0.917	0.909	0.451
30-T1	0.31°	0.452°	0.052°	0.115°	0.940	0.620	0.320	0.864	0.754	0.029
30-T2	0.32°	0.482°	0.063°	0.19°	0.900	0.780	0.410	0.846	0.963	0.062
36-T1	0.25°	0.514°	0.04°	0.16°	0.770	0.760	0.560	0.944	0.774	0.390
36-T2	0.32°	0.393°	0.15°	0.29°	0.830	0.730	0.580	0.921	0.780	0.273
48-T1	0.32°	0.418°	0.05°	0.057°	0.890	0.850	0.660	0.695	0.740	0.033
48-T2	0.38°	0.53°	0.17°	0.27°	0.890	0.840	0.660	0.971	0.847	0.099
54-T1	0.37°	0.663°	0.04°	0.13°	0.940	0.830	0.680	0.866	0.745	0.028
54-T2	0.44°	0.601°	0.18°	0.29°	0.930	0.870	0.680	0.936	0.945	0.067
60-T1	0.37°	0.61°	0.10°	0.138°	0.900	0.710	0.790	0.700	0.690	0.053
66-T1	0.41°	0.672°	0.10°	0.26°	0.950	0.730	0.800	0.954	0.899	0.106
72-T1	0.42°	0.733°	0.09°	0.132°	0.940	0.740	0.540	0.892	0.885	0.085

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

- a) Realizar el diseño estructural considerando los montantes del modelo triangular doblados en 60°.
- b) Realizar el análisis comparativo del diseño y su incidencia en los costos de fabricación mediante la metodología del LRF.
- c) Realizar la evaluación de ahorro en el proyecto también considerando gastos logísticos de envío a cada estación y el montaje.
- d) El uso de las normas TIA/EIA-222 F y TIA/EIA-222 G son válidas para el diseño y evaluación de estructuras y edificaciones al ser aceptadas por el RNE del Perú, donde se permite el uso de los métodos LRFD y ASD.

CAPITULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- * AGUIRRE MENDOZA, Alioska. **Diseño de una torre auto soportada triangular de 60 metros portadora de antenas.** Tesis para obtención de título profesional. Piura. Universidad Nacional de Piura. 2017.

- * ANTENAS Y LINEAS DE TRANSMISIÓN. **Reporte de antenas y líneas de transmisión.** Recuperado de:
http://www.eslared.org.ve/walcs/walc2012/material/track1/03Antenas_y_Lineas_de_Transmision-es-v3.0-notes.pdf. articulo web. Consultado el 10 de diciembre de 2017.

- * Apoyo Marketing de la Escuela Técnica Especializada en Ingeniería, Arquitectura y Construcción (EADIC). **Definición de SAP 2000.** Disponible en:
<https://www.eadic.com/sap-2000-software-aplicado-calculo-estructuras/>.
Articulo web publicado el 27 de julio de 2015.

- * BALESTRINI, Miriam. **Metodología de la Investigación.** Venezuela. Editorial Consultores Asociados. Séptima edición. 2006

- * BERNAL TORRES, Cesar. **Metodología de la Investigación. Colombia.** Editorial Prentice Hall. Tercera Edición. 2010

- * BOJ GUARE, Eddy. **Metodología De Optimización En El Diseño De Estructuras Metálicas De Soporte Para Antenas De Telecomunicaciones**

En La Industria Celular. Tesis para obtención de título profesional. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2013.

* CYPE Ingenieros S.A. Generador de precios Perú. Disponible en: http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/Estructuras/Acero/Estructuras_para_techos/Acero_en_correas_metalicas_1_0_0_0_0.html. Artículo web consultado el 12 de junio de 2020.

* DE CASTRO, Carlos Armando. **Teoría de fallas bajo cargas estáticas.** Disponible en: <http://dim.usal.es/eps/im/roberto/cmm/Teorasdefallabajocargasestticas.pdf>. (s.f) Artículo web consultado el 12 de marzo de 2019.

*Engineering Systems (2008). MSTower V6 User's Manual. England: Systems House.

* ENSENADA MEXICO. **Reporte de antenas.** Disponible en: http://www.ensenadamexico.net/hector/it/reporte_antenas.php. Artículo web Consultado el: 10 de diciembre de 2017.

* ESMERALDAS MENESES, Carlos Antonio. **Análisis Estructural Basado En Simulación Por El Método De Elementos Finitos De Una Carrocería De Bus Interprovincial Sometida A Prueba De Impacto Lateral Para Determinar La Geometría Y Materiales Aplicables Que Garanticen La Seguridad De Los Pasajeros.** Tesis para obtención de título profesional. Latacunga. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador. 2016.

- * ESPINOZA MONTES, Ciro. **Metodología de la investigación Tecnológica**. Perú. Autor editor. Segunda Edición. 2014.
- * Figueroa, Julián Zappa. **Instalación y puesta en funcionamiento de una torre de comunicaciones para ofrecer servicios de internet en la sabana de Bogotá**. Tesis para obtención de título profesional. Bucaramanga. Universidad Santo Tomás. Colombia. 2018.
- * Hernandez, William. **Formula de Euler para columnas articuladas**. Disponible en: <https://es.slideshare.net/willyhernandez925/formula-de-euler-para-columnas-articuladas>. Artículo publicado el 12 de julio de 2015.
- * HERNANDEZ, Juan. **Estudio Comparativo De Tres Soluciones Estructurales Para Una Torre De Telecomunicaciones De 40 M. De Altura Tipo Auto soportada**. Tesis para obtención de título profesional. Ciudad Universitaria. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 2005.
- * HERNANDEZ SAMFTRI y Otros. **Metodología de la investigación científica**. México. Editorial Mc Graw Hill. Quinta edición. 2012.
- * HERRERA MARDONES, Ricardo. **Diseño Estructural - Construcción en acero**. Disponible en: http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/catalogo/3_metodos_de_diseno.ppt. Consultado el 10 de marzo de 2018.

* Huatuco, J. L. G. y Rotalde, S. G. (2008). Diseño de una red WiMax móvil para Lima Metropolitana (Tesis para título profesional). Universidad Ricardo Palma, Lima.

* HURTADO DE BARRERA, Jacqueline. **El proyecto de investigación**. Venezuela. Editorial Quiron Sypal. Sexta Edición. 2008.

* Lezama, Carlos (2020, 11 de junio). Sector telecomunicaciones invertirá más de US\$ 750 millones este año. Andina. Recuperado de: <https://www.torresdetelecomunicaciones.com/2020/06/inversion-telecomunicaciones-peru.html>

* McCormac, J. C. (2012). Diseño de Estructuras de Acero. Quinta Edición. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor.

* NORMA NACIONAL DE REGLAMENTO DE EDIFICACIONES DEL PERÚ 2006. **Norma E.020**. Disponible en: <http://www.construccion.org.pe/normas/rne2012/rne2006.htm>. Artículo web consultado el 25 de noviembre de 2017.

* Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK) - Quinta edición. Pensilvania, EE.UU.: Project Management Institute, Inc.

* Redacción EC (2016, 24 de febrero). Perú: 73% de la población rural carece de conexión a Internet. *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/>

* Redacción Gestión (2016, 05 de noviembre). Perú sigue en la cola respecto a calidad educativa a nivel mundial. **Gestión**. Recuperado de <https://gestion.pe/>

* REI SOFTWARE. **Software and services**. Disponible en: <http://www.reisoftwareth.com/products/structural-software-solutions/ms-tower/>. Artículo web consultado el: 10 de diciembre de 2017.

* RIVEROS JEREZ, Carlos Alberto. **Análisis estructural**. Disponible en: https://es.slideshare.net/araujo_ing/clase-04-teorema-de-castigliano-76561680. Artículo web publicado el 01 de junio de 2017.

* ROBLES ROMAN, Carlos Luis (2012). **Costos Históricos**. Tlalnepantla, Estado de México: Red Tercer Milenio.

* SILVA MUÑOZ, Williams O. **Rediseño de la estructura de la torre auto soportada de H=71m para que soporte las antenas de radiofrecuencia y microondas existentes, y 06 antenas de microondas futuras ubicada en la estación 0101711_pi_el_alto, Piura**. Tesis para obtención de título profesional. Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.2016.

* VIDAL SAN ROMAN, Ricardo. **Estudio Comparativo De Dos Tipologías Estructurales Para Soporte De Antenas De Telefonía Móvil**. Tesis para obtención de título profesional. Madrid. Universidad Carlos III. España. 2011.

ANEXOS

ANEXO N°1 – Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
<p>Problema general ¿Cómo realizar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas y conocer la incidencia en sus costos de fabricación del proyecto regional de banda ancha?</p> <p>Problemas específicos ¿Cómo realizar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas del tipo cuadrangular y triangular?</p> <p>¿Cómo realizar el análisis comparativo de los costos de fabricación en el diseño estructural de las torres de telecomunicaciones del tipo cuadrangular y triangular?</p> <p>¿Cómo validar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas del tipo cuadrangular y triangular?</p>	<p>Objetivo general Realizar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas y su incidencia en costos de fabricación, que nos permite la optimización del diseño estructural y la definición del criterio de selección de la geometría de la torre a utilizar, lo cual genera un proyecto más económico fomentando este tipo de inversión como el de la conectividad integral y desarrollo social de en el proyecto regional de banda ancha.</p> <p>Objetivos específicos Realizar el diseño estructural de las torres de telecomunicaciones autosoportadas del tipo cuadrangular y triangular del proyecto regional de banda ancha.</p> <p>Determinar los costos de fabricación del diseño estructural de las torres de telecomunicaciones del tipo cuadrangular y triangular del proyecto regional de banda ancha.</p> <p>Validar el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas del tipo cuadrangular y triangular del proyecto regional de banda ancha.</p>	<p>Hipótesis general Mediante el diseño estructural comparativo de las torres de telecomunicaciones autosoportadas con sus costos de fabricación se podrá optimizar el diseño estructural y estandarizar el tipo de torre de telecomunicaciones acordes a sus costos de fabricación.</p> <p>Hipótesis específicas Si se realiza el diseño estructural comparativo se podrá garantizar el cumplimiento de esfuerzos, rigidez y estabilidad según la norma TIA/EIA-222 F de todos los elementos estructurales de las torres de telecomunicaciones autosoportadas del tipo cuadrangular y triangular.</p> <p>Si se realiza el análisis comparativo de los costos de fabricación en base al peso de la estructura de los diseños estructurales de las torres de telecomunicaciones del tipo cuadrangular y triangular, se podrá demostrar la incidencia del costo de fabricación de las torres de ambos tipos.</p> <p>La validación del diseño estructural comparativo de las torres autosoportadas triangulares y cuadradas se realizará mediante el uso de los softwares MS TOWER y SAP 2000, los cuales nos brindarán resultados acordes a la norma TIA/EIA-222 F.</p>	<p>Variable I: Diseño estructural de torres de telecomunicaciones.</p> <p>Variable II: Costos de fabricación.</p>	<p>Tipo de investigación: La investigación es del tipo tecnológica.</p> <p>Diseño de investigación: La investigación es de diseño descriptivo comparativo.</p>	<p>La población de la presente de esta investigación nos representó los 18 modelos de torres de telecomunicaciones autosoportadas de sección cuadrangular y 18 modelos de sección triangular, los cuales fueron instalados en las regiones de Piura, Tumbes y Cajamarca. En la presente investigación la muestra es igual a la población dado que nuestra población es conocida y se puede identificar a cada una de sus integrantes.</p>

ANEXO N° 2 – TORRE AUTOSOPORTADA DE 72 M DE ALTURA