

ANÁLISIS TORRE DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

NIKOLAS SANTIAGO GARZÓN GÓMEZ

PROYECTO



ARQUITECTURA, FACULTAD DE ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

BOGOTÁ D.C

2020

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Análisis de proceso constructivo de torres de comunicación y normas técnicas.

Nikolas Santiago Garzón Gómez

**Trabajo de grado presentado como requisito optar al título de Tec. Construcciones
Arquitectónicas.**

Dirigido a la profesora: Anna Gabriela Ramírez Castuza



ARQUITECTURA, FACULTAD DE ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

BOGOTÁ D.C

2020

Tabla de contenido

1. Resumen	6
2. Abstract	7
3. Introducción	8
4. Objetivos	9
4.1 Objetivo general	9
4.2 Objetivos específicos	9
4.3 Hipótesis de investigación	10
4.4 Pregunta problema	11
4.4 Antecedentes del problema	11
5. Hipótesis de investigación	10
6. Marco teórico	15
6.1 Ejemplos dentro de las barreras normativas se pude observar.....	16
7. Marco conceptual	17
7.1 Proceso constructivo torre de comunicación.....	21
7.2 Normativa	29
7.3 Recursos y presupuesto estimado	30
7.4 Programación de obra	31
8. Marco referencial.....	33
9. Marco de antecedentes	36
10. Metodología	37
10.1 Cronograma y detallado de actividades	39
11. Conclusiones.....	40
Bibliografía	41

Lista de figuras

Figura 1. Árbol de problemas	11
Figura 2. Ranking de velocidad de conexión a internet global.....	12
Figura 3. Grafica de distribución de redes de servicio TIC	15
Figura 4. Vista de distribución de torres para posterior señal	18
Figura 5. Estructura metálica y cimentación torre auto soportada	19
Figura 6. Nomenclatura	19
Figura 7. Zapata de cimentación	20
Figura 8. Placa flotante	21
Figura 9. Pre-armado de cimentación de la torre	22
Figura 10. Varilla roscada	22
Figura 11. Corte transversal de cimentación	23
Figura 12. Modelado en 3d de cimentación y arranque	23
Figura 13. Detalle en plata y corte de pata de la torre a dado de concreto	24
Figura 14. Platinas de unión	25
Figura 15. Levantamiento de la torre	26
Figura 16. Detalle escalera de acceso	27
Figura 17. Modelo de 3d de la torre auto soportada cuadrada	28
Figura 18. Nomenclatura de sistema diagrid	34
Figura 19. Hearst Tower	35
Figura 20. Mary Axe	35
Figura 21. Metodología proyecto	38

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Tablas

Tabla 1. Costos generales para elaboración de una torre de comunicación..... 31

Tabla 2. Preliminares..... 31

Tabla 3. Cimentación de torre 32

Tabla 4. Montaje de la torre32

Tabla 5. Instalaciones eléctricas 32

Tabla 6. Instalaciones eléctricas33

Tabla 7. Cronograma Actividades 39

Resumen

Este proyecto tiene como fin demostrar la importancia de las telecomunicaciones (TIC) y su historia en Colombia desde el área de la **construcción y despliegue de la infra estura** para el servicio de conectividad y acceso a la información global e impacto que genera el desenvolvimiento de ésta en una sociedad a manera de acceso a herramientas informáticas ya que facilitan temas de educación, trabajo y/o participación social. Para esto se indicarán los factores más importantes llevando a cabo una propuesta que contendrá una sinopsis, ilustrando de una manera concisa el trabajo a desarrollar, y gráficamente aportando mayor conocimiento sobre la recopilación de información obtenida, tomando como base el reglamento del ministerio de las telecomunicaciones, diferentes tesis y varias referencias técnicas y verídicas en el presente tema. Igualmente, sus distintas asociaciones nacionales e internacionales que interfieren y aportan a la construcción de esta apoyándose en la normativa TIC para el diseño y estructura como las barreras normativas municipales y departamentales con la finalidad de su colocación y despliegue teniendo en cuenta un tipo específico de torre de comunicación (auto-soportada) a través de objetivos claros y precisos, que serán presentados en el texto con el fin de apoyar y crear un manual técnico de un modo más detallado y resumido, con planos específicos de corte y planta desde sus materiales , equipamiento, preliminares proceso constructivo respectivo desde la cimentación hasta su estructura y factores relacionados con normativa, programación, costos generales, planeación. Se hace una comparativa de su sistema estructural con el sistema constructivo “DIAGRID” el cual se forma atreves de retículas triangulares y ayudara a entender este tipo de construcciones.

Palabras clave: Barreras normativas, torre de telecomunicación, manual técnico, tecnología de la información y las comunicaciones, auto soportada, celosía doble, retículas triangulares, sistema constructivo, sistema Diagrid.

Abstract

This projects´ mission is to demonstrate the importance of telecommunications (ICT) and its history in Colombia from the construction area in the connectivity service and access to global information and the impact generated by its development in a society by accessing computer science tools in order to facilitate issues of education, work and / or social participation. For this, the most important factors will be indicated by carrying out a proposal that will contain a synopsis, illustrating in a concise way the work to be developed, and graphically providing greater knowledge about the collection of information obtained, based on the regulations of the Ministry of Telecommunications. Different theses and several technical and truthful references on this topic Likewise, its different national and international associations that interfere and contribute to its construction, relying on the TIC regulations for the design and structure , such as municipal and departmental regulatory barriers with the purpose of their placement and deployment taking into

account a specific type of towers communication, through clear and precise objectives, which will be presented in the text in order to support and create a technical manual in a more detailed and summarized way, with specific cutting and floor plans from its construction start-up. The structure and construction process respective for its installation on the ground and factors related to its programming, planning, general costs and the administrative and operational professionals that are needed, even health and radio frequency issues.

Keywords: Regulatory barriers, telecommunication tower, technical manual, information and communication technology, self-supported, double lattice, triangular grids, construction system, Diagrid system.

Introducción

El desarrollo de las “Tecnologías de la Información y la Comunicación” (TIC) ayudan en el camino del aprendizaje y conocimiento en Colombia, conectándolo no solo de una manera nacional sino también internacional que posibilita la repartición equitativamente de los beneficios y oportunidades que se obtienen del aprovechamiento y asociación de las TIC en todos los ámbitos de la economía, lo cual promueve una mejoría en la calidad de vida de la población (Arias, Bacca, y Wilches, 2016).

Esto a su vez va de la mano a la necesidad de crear nuevas estructuras para prestar dicho servicio ya que serán las bases de apoyo de los quipos y antenas de los sistema de internet y radiofrecuencia los cuales estarán ahí (Ascanio, 2012), de esta manera se genera una oportunidad de negocio en el área de la **construcción** de estas que cada vez crece más donde se toma como inversionista directo las diferentes empresas que presten el servicio las cuales en su mayoría en Colombia son del sector privado (Claro, Movistar, etb Tigo e.t.c) entre otras que existen actualmente en el mercado y siendo las que proveen la infraestructura a los usuarios.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Por dicha razón y respondiendo a un orden jurídico se darán normas legales, de nivel constitucional, reglamentos que garanticen la actividad y ayude a que no se vulneren los derechos a los ciudadanos al acceso a las comunicaciones en diferentes ramas que esta desprende como el acceso a la información, la educación, el conocimiento, la ciencia, la cultura y diferentes actividades que se puede obtener de esta (Arias, Bacca, y Wilches, 2016).

Es así como el presente documento hace un análisis de los elementos y las condiciones técnicas más importantes que se debe tener en cuenta al proponer el despliegue de nuevas infraestructuras de un tipo de torre de comunicación (auto-soportada) mostrando la importancia de las TIC en la sociedad, las diferentes normativas nacionales e internacionales dedicadas específicamente a su construcción y sus barreras para su colocación, se podrá apreciar la configuración estructural la cual es de tipo celosía que se compone de perfiles metálico en diagonal los cuales se entrecruzan y se conectan atreves de nudos respondiendo a una geometría que forma triángulos ayudando a resistir las deformaciones que tienden a presentar estas estructuras en alturas al trabajar a esfuerzos de compresión y tensión similar a una cercha, con el fin de lograr transmitir la carga hasta una cimentación superficial en la que esta deberá apoyarse. Posterior y de una manera muy resumida se verá la historia de las telecomunicaciones en Colombia y recomendaciones generales de la salud y campos electromagnético.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un manual constructivo para la elaboración de un tipo específico de torre de comunicación auto soportada cuadrada de 36 metros mostrando los elementos técnicos más

importantes que la componen desde su nomenclatura, materiales, equipamiento, proceso constructivo, normativa, análisis de costos y programación de obra buscando la optimización de un proceso constructivo y ayudando a incentivar el campo laboral en esta área de las telecomunicaciones. Lo cual se complementa a través de la elaboración de la monografía de grado por elaboración propia “Análisis de proceso constructivo de torres de comunicación y normas técnicas”.

Objetivos específicos

- Diseñar un manual técnico sobre sistema estructural metálicos de torres de comunicación auto soportada y su instalación en tierra.
- Indicar el proceso constructivo de una torre de comunicación y los diferentes elementos que la componen.
- Proponer una reducción de costo a través del alzado de los ángulos o piezas que forman la mega estructura cambiando el sistema de torre grúa por poleas o diferenciales.
- Mostrar las diferentes normativas de diseño, proceso constructivo y las diferentes asociaciones que interfieren en las telecomunicaciones y las barreras regionales y locales.
- Presentará una comparativa desde la parte estructural y arquitectónica con el sistema constructivo “DIAGRID”.
- Analizar de una manera general el contexto tanto histórico como actual de las telecomunicaciones en Colombia y la importancia del acceso a las “tecnologías de la información y la comunicación” (TIC).

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Hipótesis de investigación: las torres de comunicación manejan una estructura de perfilaría metálica en la cual su estructura se basa por medio de celosías dobles y su nomenclatura típica la compone montajes, cierres, diagonales y riostras lo cual a comparación de otros sistemas esta no sería tan compleja ya que solo presentaría empalmes y atornillamiento. Se podría decir que su mayor complejidad es la movilidad de estas piezas a grandes alturas y puede llegar a presentar dificultad para su maniobrabilidad en la obra por su peso. En esta investigación el medio de la construcción va más allá de vivienda y zonas sociales y llegando a ser una manera rentable, sumada al crecimiento exponencial por demanda ya expuesto anteriormente.

Figura 1. Árbol de problemas.

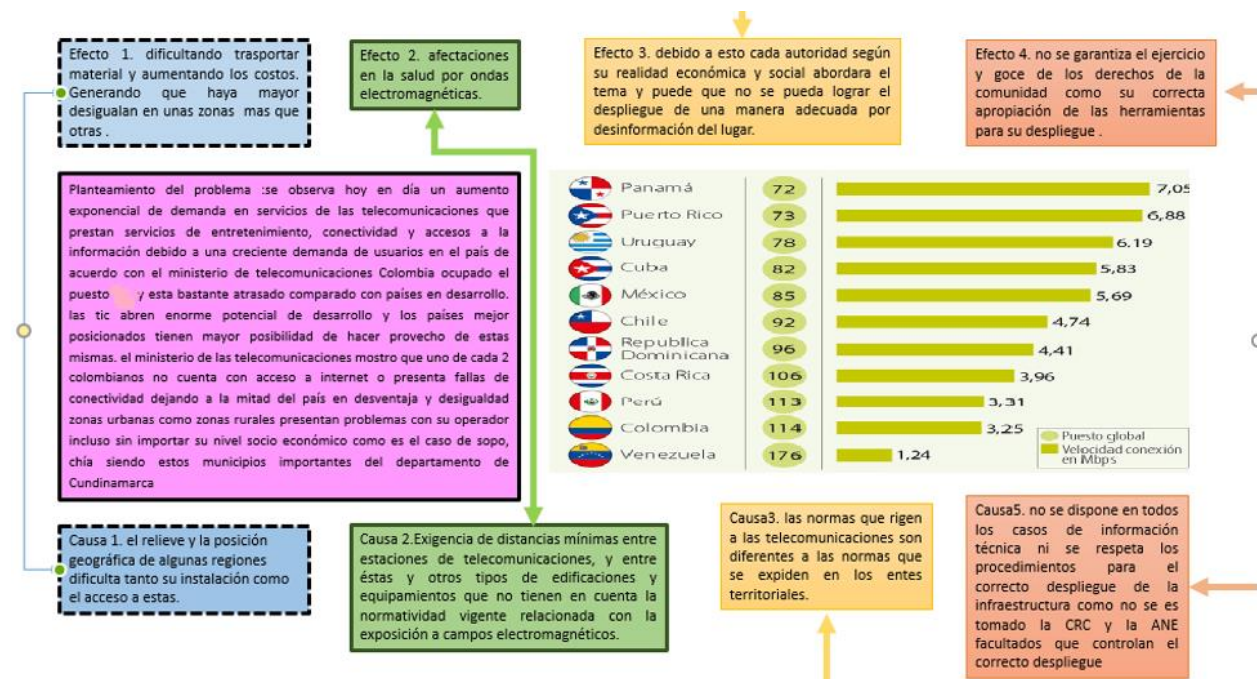


Figura 1. Causas y efectos de la problemática en Colombia en el atraso de las telecomunicaciones. Autoría propia.

Pregunta problema

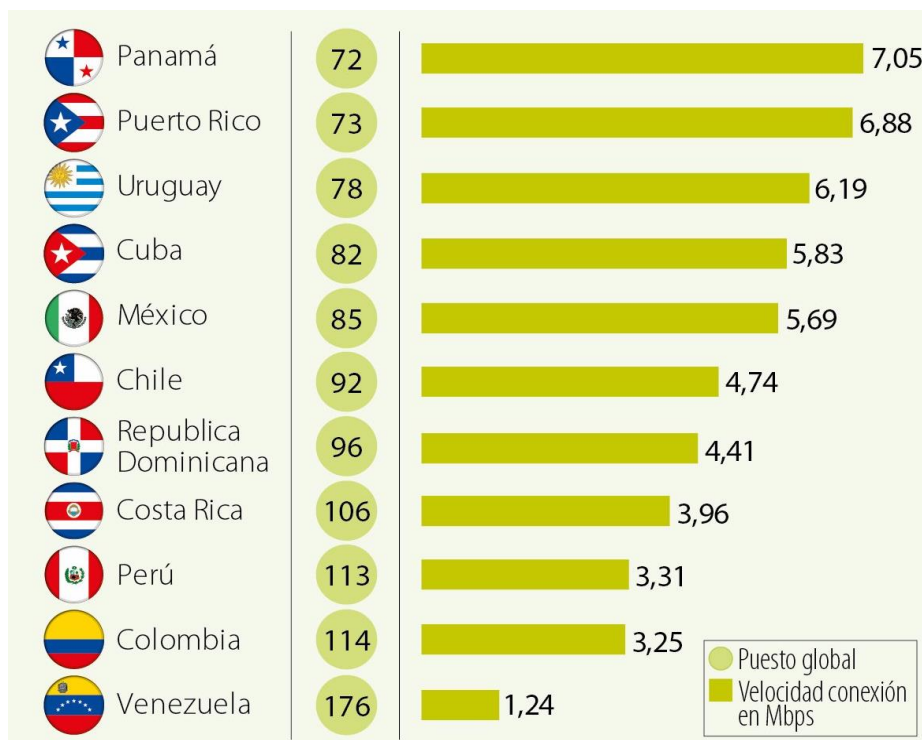
¿Cómo se puede optimizar el proceso constructivo de una torre de comunicación para su correcta elaboración y qué normativas locales y en las TIC aplican para el correcto despliegue de la infraestructura?

Antecedentes del problema

Planteamiento del problema: se puede observar hoy en día un aumento exponencial de demanda en servicios de telecomunicaciones que prestan entretenimiento e interconexión debido a una creciente demanda de usuarios (Figura 2). Colombia (Col) ocupa el puesto número 88 respecto a banda ancha fija y 104 en internet móvil según la prueba de ranking global “Speedtest”, por la cual a través de esta herramienta para servicios de diagnóstico de internet se puede saber estadísticas de conectividad y velocidad de banda ancha entre otras funciones como estadísticas globales; tanto a nivel nacional como internacional prestando el servicio en 23 idiomas (Cardona, 2019).

Figura 2. Ranking de velocidad de conexión a internet global.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA



Fuente. Atraso en infraestructura digital en Colombia y demás países en América Latina. Cardona, A. (2019). La Republica. Colombia ocupa el lugar 114° en el ranking de velocidad de conexión a internet global. La república. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/internet-economy/colombia-ocupa-el-lugar-114-en-el-ranking-de-velocidad-de-conexion-a-internet-en-el-mundo-2823132>.

Donde una de cada dos personas no cuenta con acceso a internet o presenta constantes fallas de conectividad, según el informe de tecnologías de la información y las comunicaciones en el 2018 Col alcanzo un total de 31. 01 millones de conexiones frente a una población de 49.65 millones de habitantes dejando a la mitad del país desconectado sin contar con la conexión inestable que se presenta la mayoría del tiempo; varias zonas, tanto rural como urbanas presentan problemas con sus operadores, incluso sin importar su nivel socioeconómico, como es el caso, sopo, chía entre otros siendo municipios importantes del departamento de Cundinamarca (Zapata, 2018).

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Gracias a la creciente demanda las grandes empresas se están quedando insuficientes al cubrir todas las zonas del país, tales como Telecom, Colombia móvil, Comcel, NEC, entre otras, que vienen operando desde el 2000 debido a que en la construcción de la infraestructura no suelen ser las mismas empresas si no sub-contratistas para la fabricación e instalación que ha venido mostrando problemas de incumplimiento, por no tener manuales de procedimientos, producción organizada y operarios certificados, ya que se suele manejar con personal empírico por medio de la experiencia de pocas personas instruidas en el tema (Zapata, 2018).

Se reflejan deficiencias a nivel operativo, pueden ser: no llevar a cabo procesos de fabricación, técnica suficiente y adelantarse a procesos de construcción y de seguridad no contando con las herramientas necesarias que ayuden a determinar el impacto que el despliegue ocasione desde su ocupación en espacio público; las inquietudes que los habitantes puedan presentar como el ruido, contaminación visual hasta llegar a especulaciones sobre problemas relacionados con la salud en cuestión de campos electromagnéticos (Arias, Bacca, y Wilches, 2016). Se han llegado a tomar medidas de restricción de carácter absoluto, buscando el cumplimiento de la protección de la ciudadanía, que impiden el desarrollo de la infraestructura TIC, teniendo como consecuencias negativas que los residentes del lugar no accedan a los servicios de telecomunicaciones. Por el contrario, se busca ayudar a disminuir riesgos laborales y promover el conocimiento y la competitividad en esta área, se debe tener en cuenta las diferentes normativas tanto en las TIC como las que cada municipio dictamine, ya que son distintas y pueden hacer que no se realice la obra de una manera correcta. Por otra parte, no hay carreras en ingeniería de telecomunicaciones basadas específicamente en la construcción y fabricación de piezas para torres de comunicaciones si no son otras carreras no específicas a este campo que terminan haciendo esta labor (Arias, Bacca, y Wilches, 2016).

Marco teórico.

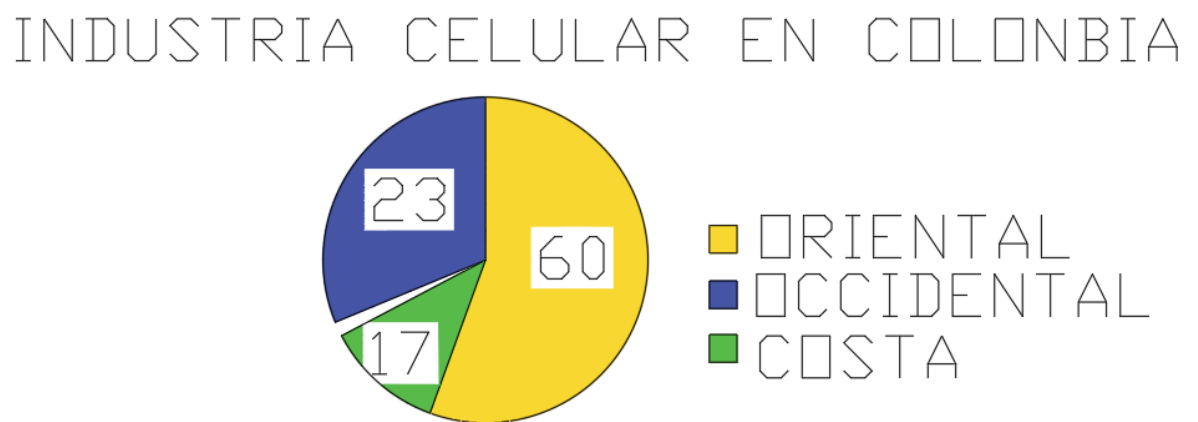
La secretaria de obras públicas basado en la normativa jurídica acerca de servicios de acceso a las TIC, ley 134 de 2009, se apoya de la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) como lo indica la ley 1753 de 2015 “por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 «Todos por Un Nuevo País»” dispone de un manual y en relación con el presente trabajo en donde su función principal será propuesto desde la asesoría del diseño y el despliegue de la estructura, normativas y requisitos generales sobre estándares ya planteados en la construcción tanto su disposición según leyes municipales y departamentales ayudando a esclarecer mitos y recomendaciones a temas relacionados con la salud por la exposición a campos electromagnéticos entre otros. Esto con el fin de mitigar impactos ambientales, promover la competitividad y el desarrollo del país de una manera responsable en un marco legal por el Gobierno Nacional (Arias, Bacca, y Wilches, 2016; CRC, 2020).

Una obra civil genera diferentes actores; la comunidad, los entes de planeación territorial y ambiental (constructores), donde en colectividad se garantice la responsabilidad del constructor en la evolución del proyecto y el aprovechamiento de los recursos como su aseguración eficiente del uso, administración y control del proyecto logrando un objetivo socio-económico legal y correcto del área donde se encuentre; pasando por las autoridades ambientales y de planeación que siempre deberán velar por el patrimonio ambiental del país según decreto 1220 de 2005 el cual establece que *proyectos necesitaran de licencia ambiental* (Lince y Gonzales, 2010).

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

La telecomunicación en Colombia inicia en 1989 por la ley 72, generando el decreto 1900-1990 donde se definió las telecomunicaciones como un servicio público. Dicha ley otorga permisos a los municipios con la reforma de 1991 y la súper intendencia abre la oportunidad para que empresas extranjeras entren a competir. En ese momento comienza a iniciar un fuerte demanda y en 1993 con la ley 37 se da el aval en donde las compañías comenzaron a emprender acuerdos o alianzas con el fin de que la expansión sea más rápida. Luego, en 1994 con la ley 142 se define el servicio TIC a larga distancia como servicio público, dividido en tres regiones (Figura 3) oriental, occidental, costa siendo la oriental la zona con más infraestructura incluyendo la capital del país; aun así, la costa maneja una buena demanda, aunque tenga pocos usuarios de la región ya que mueve un alto flujo de turismo (Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, 1990).

Figura 3. Grafica de distribución de redes de servicio TIC.



Fuente. Se puede observar tres zonas diferentes en la que se divide el servicio TIC a nivel Nacional, las cuales son Oriental, Occidental y Costa (Buitrago y Quijano, 2015).

Ejemplos dentro de las barreras normativas se puede observar

- **Se prohíbe el servicio de infraestructura de las torres cerca a zonas residenciales y comerciales:** cada municipio asigna el carácter del plan de manejo ambiental y donde se dividirá según el POT para las telecomunicaciones; el uso de suelo en el que se prohíben el desarrollo de estas sobre todo en zonas de comercio e institucionales, esto claramente dificulta la prestación del servicio ya que hay lugares de la ciudad donde explícitamente no se puede (Ferreira y Ponte, 2014).
- **Desconocimiento del despliegue por las autoridades municipales:** normativas que comprenden el aspecto general para el despliegue de la estructura de telecomunicaciones; normativas comprendidas por cada municipio en donde siempre serán diferentes, teniendo en cuenta el aspecto socioeconómico en el que se pretenda realizar la estructura (Arias, Bacca, y Wilches, 2016). Entre sus barreras más comunes esta la prohibición de despliegue cerca de espacios públicos, tales como escuelas, jardines en zonas residenciales u hospitales, por temas de contaminación visual o mitos relacionados con la salud (Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, 2018).
- **Distanciamiento mínimo entre torres:** según el municipio o el departamento se determina una distancia entre cada torre sin algún planteamiento técnico considerable como ejemplo el estado permite una cada 100 metros e incluso llegan a ser puestas cada kilómetro por decreto del pueblo (Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, 2018; Sutel, 2011).
- **Poco impulso publicitario para la divulgación normativa:** varios lugares no le dan la respectiva importancia a la circulación informativa para el conocimiento ciudadano sobre los beneficios y normativa del despliegue de estas estructuras que ayuden a desmentir mitos

relacionados que puedan entorpecer dicha actividad (Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, 2018).

- **Campos Electromagnéticos y Salud:** miedos infundidos por desconocimiento da a pensar en diferentes comunidades sobre afectaciones a la salud por radiación; De acuerdo con la ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes) mediante declaración del 2009, no se puede considerar la afectación a la salud por este tipo de antenas o algún traumatismo a largo plazo por estas dentro de los límites establecidos (Cruz, 2009).
- Según diversos estudios el campo electromagnético de dichas antenas se considera como no ionizante según los establecidos por los estudios realizados por ICNIRP desde 1998 y en su afectación no genera más allá de incrementar a un nivel muy mínimo los niveles de temperatura (Cruz, 2009).

Marco conceptual

- **Estación base:** como su nombre lo indica es una estación o zona de equipamiento de antenas de transmisión y recepción estas antenas son de emisión de radio, también abastece equipamiento electrónico para mantener y establecer la comunicación en caso de no haber electricidad maneja una batería SAIS que garantiza el funcionamiento si hay cortes eléctricos (Figura 4). Entre las estaciones bases encontramos ancladas al suelo y en edificaciones de altura ya sea azoteas (Correa, 2014).

Figura 4. Vista de distribución de torres para posterior señal.

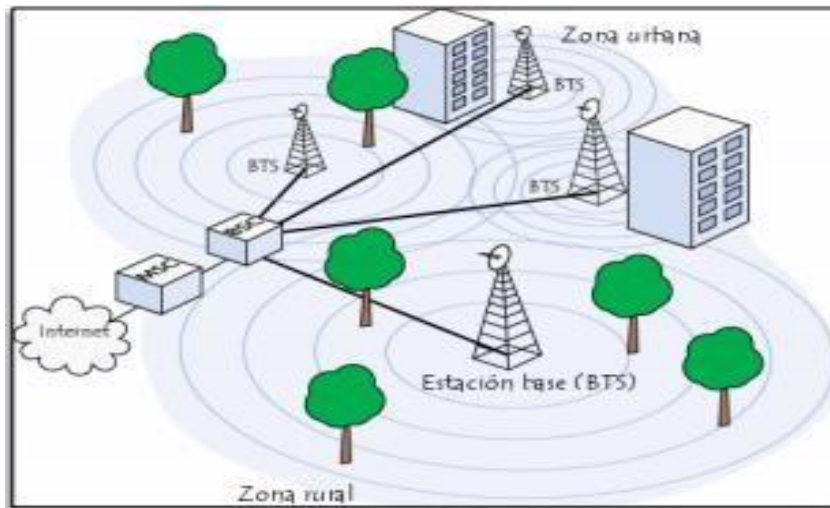


Figura 4. Se puede observar la distribución de torres para hacer más efectiva la señal (Buitrago y Quijano, 2015).

- **Ubicación y tipo de torres:** para la ubicación siempre necesitaremos altura ya que a mayor altura mayor frecuencia y mayor rango de cobertura ya que los teléfonos celulares hoy en día operan como radios avanzados de frecuencias en distintos lugares, se deberá tener en cuenta el tipo de suelo, el plan de manejo ambiental y las normativas (Correa, 2014).
- **Torre auto soportada:** las torres de comunicación son estructuras reticulares que se conforman de perfiles metálicos en diferentes formas las cuales se articulan por nudos similar a una cercha donde su geometría utiliza la forma del triángulo el cual es capaz de resistir grandes deformaciones, en el caso de las auto soportadas son menos susceptibles a la torsión dicha estructura se realiza para despliegue en altura y en planta a través de triángulos que construyen redes planas o piramidales las cuales soportan

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

esfuerzos de tracción y compresión se refuerza en su estructura arriostrándola por medio de cierres, diagonales (figura 5) (Arias y Gonzáles, 2019).

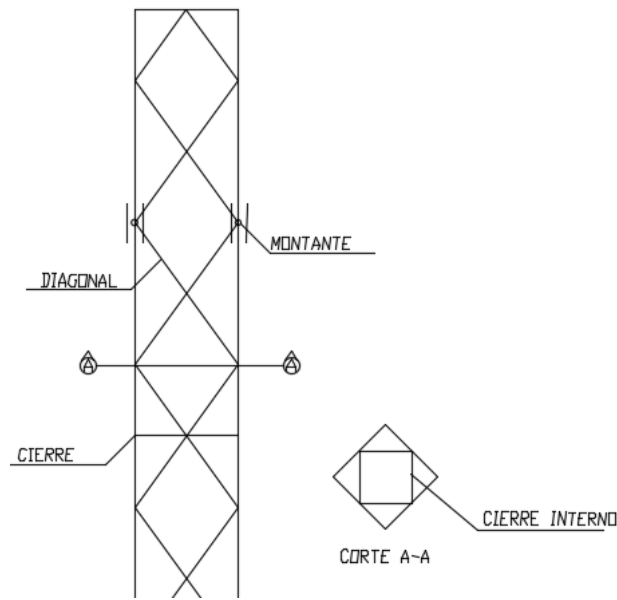
Figura 5. Estructura metálica y cimentación torre auto soportada.



Fuente. Una torre auto soportada es construida a partir de triángulos para despliegue en altura (Silex, 2016).

Figura 6. Nomenclatura.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA



Fuente. Nomenclatura estructural típica de la estructura torre auto soportada cuadrada. Autoría propia.

- **La cimentación:** conjunto de elementos estructurales de cualquier obra u edificación que deberá responder a las cargas procedentes de la estructura transmitiéndolas al suelo; de esta manera dependiendo tanto del diseño y las características de la obra como la capacidad portante del terreno para proporcionar el medio mediante las cargas y el peso de la estructura sean distribuidas de una manera homogénea al suelo logrando la estabilidad de la estructura y el antibolcamiento de la misma (Zapata, 2018).
- **Zapatas:** Para este tipo de estructura se deberá llevar a cabo la construcción de zapatas por la cual se realiza un engrosamiento de la base de una columna en la parte inferior para distribuir las cargas y así disminuir la presión que ejerce el terreno de una manera homogénea la cual se pondrá una por cada pata y uniéndolas por una viga de amarre formando el diafragma correcto teniendo en cuenta que se usará un concreto de refuerzo de 3000 psi y se deberá dejar sobre pedestales o columnas de .30cm del nivel del piso (Figura 7) (Coya, 2015).

Figura 7. Zapatas de cimentación.



Figura 7. Cimentación superficial en concreto reforzado dejando los pernos de anclaje previamente fundidos (Ferros la pobla, 2019).

- **Placa flotante:** en el caso de que la edificación sea muy alta y las zapatas no puedan soportar el peso su empleo sería eficaz y es una losa o placa de concreto de alta resistencia con refuerzo de aceros en el caso de que las zapatas ocupen el 50% de la cimentación será mejor este método (figura 8) (Ferros la pobla, 2019).

Figura 8. Placa flotante.



Fuente. Losa flotante con malla electro soldada (Ferros la pobla, 2019).

- **Preliminares de obra:** como todo proyecto necesita de una planeación y una parte de organización administrativa como buenos procesos técnicos en la parte preliminares hace

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

el pre de una obra en el terreno tales como limpieza de la capa vegetal, descapote, nivelación del terreno, cerramiento e instalaciones provisionales como también la construcción de cuartos eléctricos. en este paso preparamos el terreno para colocar la cimentación haciendo el trazado de hilos y las zanjas como también ponemos la primera capa de terraplén para mejoramiento del terreno (Carrión, 2009).

Proceso constructivo torre de comunicación

1. Pre armado de esqueleto de hierro estructural se le adiciona pernos de anclaje embebidos los cuales tendrán retazos de ángulos soldados con el fin de generar una mayor resistencia al volcamiento de la estructura que se somete a tracción (.30cm embebido y .15cm libres), se puede observar los detalles de la varilla enroscada y el corte transversal de la cimentación en las figuras 10 y 11 respectivamente (Coronel, 2017).

Nota: concreto estructural de 3000 psi $f'c=21$ MPa para las zapatas y los dados o columnas en concreto una vez se haya armado los hierros y estén fijos.

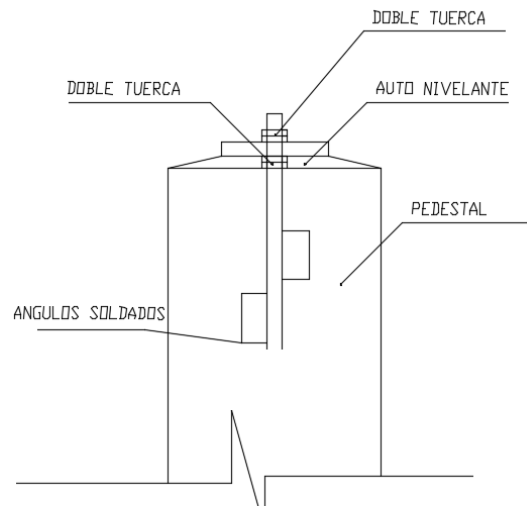
Figura 9. Pre-armado de cimentación de la torre.



Fuente. Armado de hierros de una torre y su cimentación. Recuperado de <http://www.coriem.com/index.php?page=galeria---telecomunicaciones>

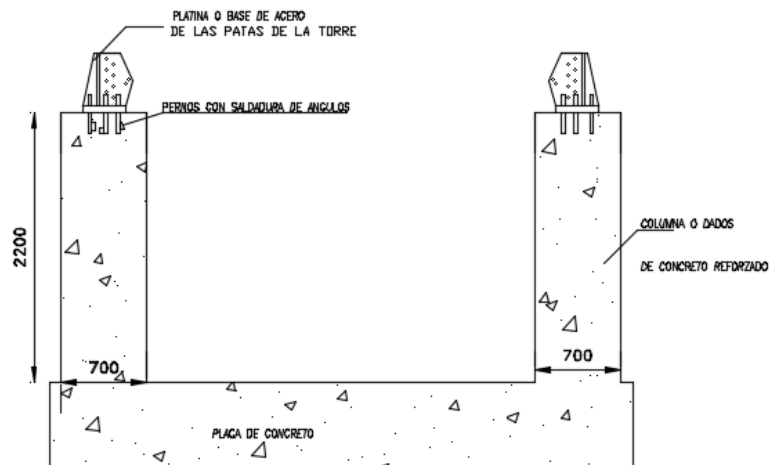
ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Figura 10. Varilla roscada.



Fuente. Detalle en corte transversal de la varilla roscada mostrando la doble tuerca para el trabe de la platina. Autoría propia.

Figura 11. Corte transversal de cimentación.

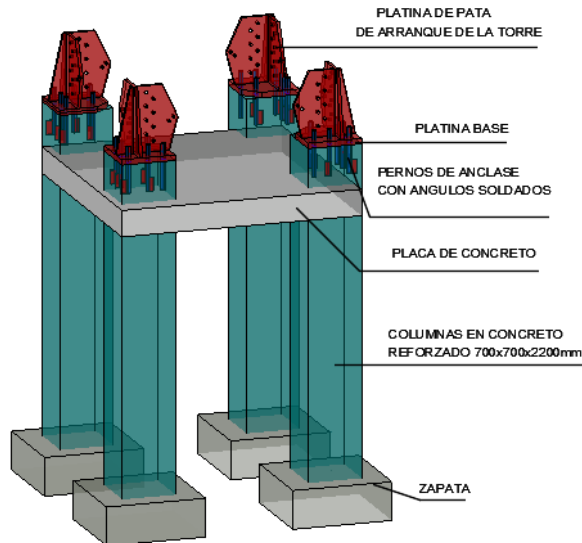


Fuente. Detalle en corte transversal de cimentación y platinas base con platina de arranque. Autoría propia.

2. Se instalará una platina de arranque como base para iniciar el montaje de la torre (Figura 12, 13).

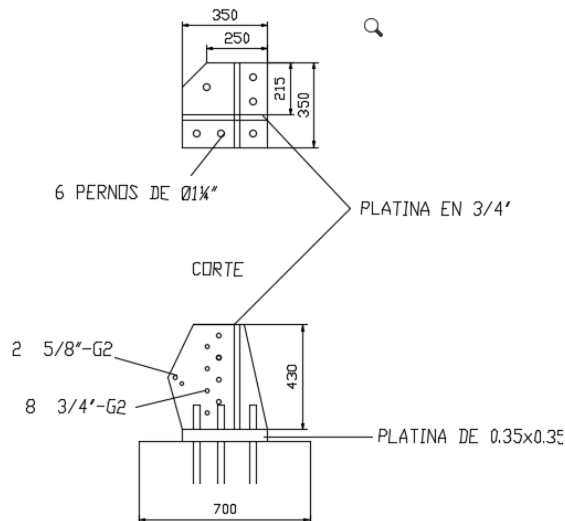
ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Figura 12. Modelado en 3d de cimentación y arranque.



Fuente. Se observa un modelo en 3d detallando la cimentación, los pernos de anclaje, la base placa y las patas de arranque de la torre. Autoría propia.

Figura 13. Detalle en plata y corte de pata de la torre a dado de concreto.



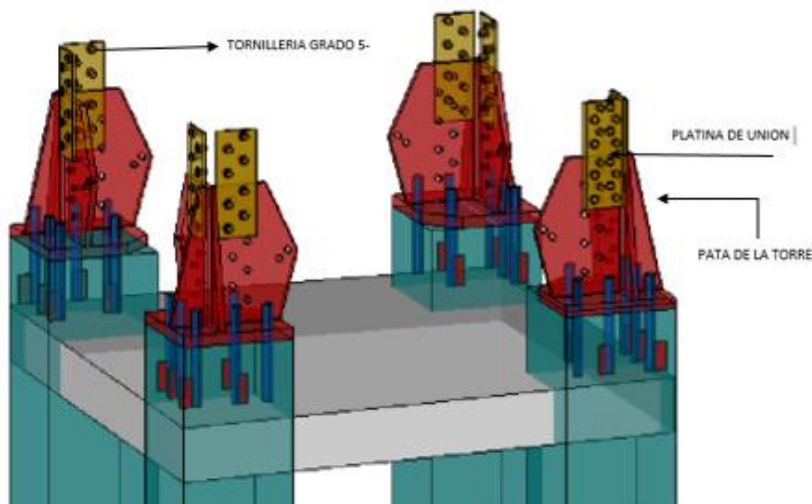
Fuente. Mostrando en Autocad 2d el detalle de la platina base y platina de la pata de la torre unido a el dado de concreto. Autoria propia.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

1. Posterior a la instalación del arranque de la torre se sobrepondrán los empalmes con el fin de conectar la platina de arranque con los montantes y darles fijación por medio de tornillería con guasa arandela y tuerca (Figura 14) (Coronel, 2017).

NOTA: El atornillamiento de la torre deberá considerar los diámetros de los ángulos de acero considerando la arandela, la guasa y dejarle espacio libre al tornillo en la parte inferior se aproxima un total de (0.03 cm).

Figura 14. Platinas de unión.



Fuente. Modelado en 3d donde se muestra la platina que une las patas de la torre con los montantes.

Autoría propia.

NOTA: El atornillamiento de la torre deberá considerar los diámetros de los ángulos de acero considerando la arandela, la guasa y dejarle espacio libre al tornillo en la parte inferior se aproxima un total de (0.03 cm).

2. Se procede a la instalación de los montantes de la torre como estructura externa de está usando la escalera de acceso ubicándola en un vértice de la torre posterior a esto sujeta una

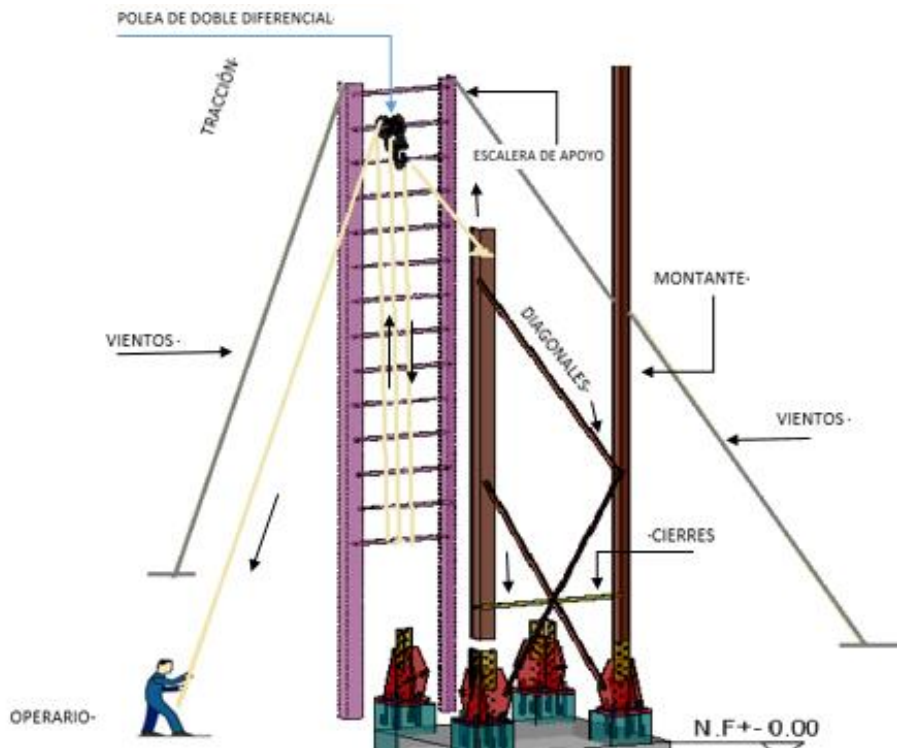
polea en la punta de la escalera y otra en la mitad del montante procediendo a él tensionamiento de la cuerda para que empiece a trabajar el sistema y poder subir la primera pieza. se le cambia de dirección o Angulo y se inclina mirando hacia el otro vértice así repitiendo el proceso hasta montar los 4 montantes de arranque posterior se prosigue en la estructura interna que se compone de (cierres intermedios -punta de diagonal-internos, -redundantes) (Silva, 2016; García y Garzón, 2005).

La escalera para el levantamiento (figura 15) se le da rigidez y estabilidad por medio de vientos en tres diferentes puntos) se utiliza poleas de doble diferencial las cuales funciona a tracción lo cual ayuda a disminuir el peso y, de esta manera ayuda al operario a tirar la cuerda más ergonómicamente logrando levantar los materiales y la estructura metálica de la torre por medio de la polea la cual está sujeta de la escalera.

Nota: se repite el proceso uniendo los montantes de la estructura externa por medio de las platinas hasta llegar a la parte superior de la torre donde ya debe estar completamente arriostrada y se dispondrá de una plataforma.

Figura 15. Levantamiento de la torre.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

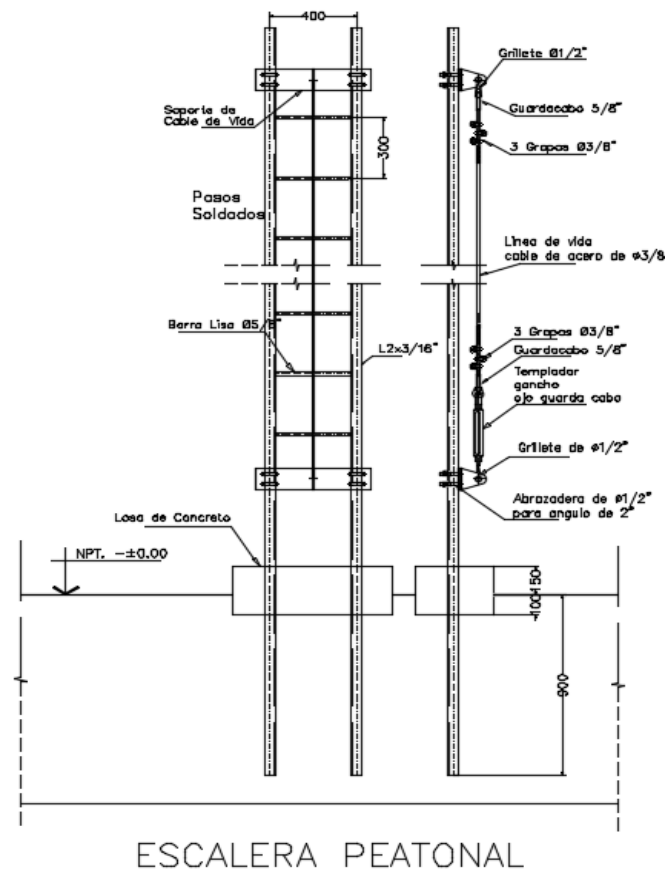


Fuente. Modelo en 3d de proceso constructivo y levantamiento de la torre por medio de sistema de poleas. Autoría propia.

La escalera de acceso a la torre (figura 16 y 17) la cual se usará para el levantamiento de las piezas; al terminar la instalación de la estructura externa e interna se procederá a desarmar para volver a armarla al interior de la estructura según corresponde a los planos con su respectiva línea de vida en acero galvanizado la cual garantizará el amarre del arnés del operario para posteriores ascensos y descensos dentro de ella (Arias y Gonzáles, 2019).

Figura 16. Detalle escalera de acceso.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA



Fuente. Detalle en 2D de escalera de acceso con sus diferentes partes que la componen. Autoría propia.

Figura 17. Modelo de 3d de la torre auto soportada cuadrada.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

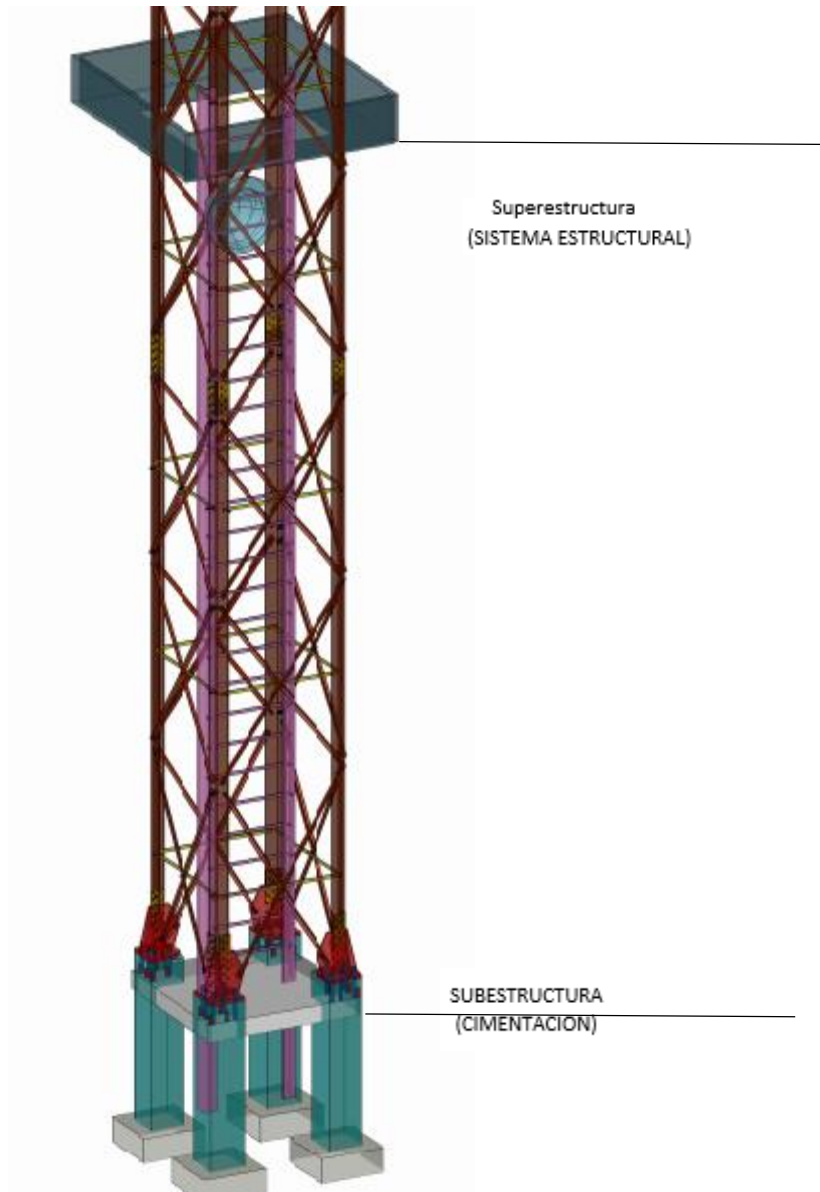


Figura 17. Estructura completa de la torre auto soportada cuadrada armada (programa que se utilizó AutoCAD 3d). Autoría propia.

Normativa

Entre las asociaciones de organizaciones e institutos nacionales e internacionales se pretende dar una normativa estándar o reglamento, el cual para la aplicación de este documento nos servirá en los diferentes puntos de la construcción de una torre de comunicación como lo son normativas de diseño y construcción. Las más importantes con relación a esto son:

- **EIA/TIA-222-F:** (EIA: Asociación de Industrias Electrónicas), (TIA, Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones), su objetivo principal es generar los criterios mínimos o base para la especificación del diseño de torres y estructuras de acero donde se pretende evaluar las diferentes cargas de viento que actúan (González, 2005).
- **AISC-ASD-89: (Instituto Americano de Construcción De Acero)**, especificación para el acero estructural y diseño de tensión y plástico. En el caso del acero, se usa como soporte esencial para soportar las cargas del diseño de la estructura, requerimientos antisísmicos, pintura, fundaciones, pernos presión y mantenimiento (American Institute of Steel Construction, 1989).
- **NSR-10: (Requisitos Generales De Diseño y Construcción Sismo Resistente)**, del Artículo 39 de la Ley 400 de 1997 “comisión asesora permanente de régimen de construcción sismo resistente del gobierno nacional, adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial” el cual fue aprobado por el ministerio de ambiente y desarrollo territorial (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1997).
- **ASTM: (Asociación Americana de Ensayo de Materiales)**, esta asociación aprueba la resistencia de materiales en la construcción por Estados Unidos y a su vez rige la construcción de torres de teletransmisión y telecomunicación lo cual dentro de esta

especifica tratamientos y resistencia de los materiales como tornillería, anguleria y tratamientos anticorrosivos (AEC, 2019).

- **IEEE 80-2000: (El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica)**, guía de seguridad en conexión a tierra de una subestación, la cual calcula la resistencia del terreno y el modelamiento de tipo de suelo y establece como se debe hacer la conexión de la estructura a los electrodos a tierra. Fundada en 1884 en Estados Unidos donde hoy en día se encuentra en 147 países (Ramírez, 2010).

Recursos y presupuesto estimado

Para la instalación se tiene un costo aproximado \$171.292.783,58 (tabla 1) donde se toma el costo total de la torre desde el transporte del material al sitio y su cimentación hasta la instalación de la estructura y la maquinaria para el levantamiento de esta; se hace un propuesta en el presente documento donde se podrá hacer un ahorro cambiando el sistema para la elevación de las piezas o ángulos los cuales por su peso necesitan normalmente de una torre grúa de 40 metros que hace un sobre costo por mes de 24.735,313 mil pesos (11%). El cual se cambiará por el sistema de poleas y levantamiento de piezas por la misma escalera de acceso la cual ya está incluida en la instalación de la estructura

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Tabla 1. Costos generales para la elaboración de una torre de comunicación. Autoría propia.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Visita de Campo en Región oriente urbana.	UN	1	\$ 791.410,00	\$ 791.410,00
2	replanteo	m2	270	\$ 4.189,00	\$ 1.131.030,00
3	campamento de 9 m2 de teja zinc.	UN	1	\$ 1.236.578,00	\$ 1.236.578,00
4	Suministro e instalación del reforzamiento de la torre (incluye elementos de fijación, galvanización en caliente y pintura; los materiales deben cumplir los requerimientos estipulados en las especificaciones Comcel para el suministro de torres.)	Kg	140000	\$ 8.087,00	\$ 113.218.000,00
5	Suministro e instalación de Tornillería Galv 5/8" x 2 3/4" (Tornillería A-325 TIPO I y/o GRADO 5) con tuerca, guasa y arandela.	UN	3500	\$ 3.060,00	\$ 10.710.000,00
6	Perforación, Suministro e instalación de perno de anclaje (entre 10 y 50 cm de profundidad) de 1" a concreto de viga existente, incluye epoxico SIKADUR 42 anclaje.	UN	24	\$ 80.920,00	\$ 1.942.080,00
7	Cargue o Descargue (aplica para descargue o Cargue de elementos diferentes a agregados petreos)	Ton	14	\$ 14.823,00	\$ 207.522,00
8	Excavaciones varias en material común	M3	144	\$ 29.719,00	\$ 4.279.536,00
9	Concreto estructural	M3	21,6	\$ 558.334,00	\$ 12.060.014,40
10	Limpieza, descapote y nivelación del terreno (lote con arbustos). Corresponde al área descapotada del lote a construir en la estación base, incluyendo tala de arbustos, enramadas y maleza existente, así como el retiro de la totalidad de los escombros, de la tierra negra y material orgánico, e incluye la perfilada del lote a una profundidad máxima de 0.30 metros, equipo, mano de obra, equipo mecánico y demás elementos para su correcta realización, además del cargue, descargue y transporte de sobrantes a los sitios autorizados por la Autoridad Ambiental Competente y por el propietario del predio.	m2	150	\$ 6.542,00	\$ 981.300,00
TOTAL					\$ 146.557.470,40

11	Alquiler mensual de grúa torre para transporte de materiales de 40 m de flecha y 1000 kg de carga en punta, incluso telemando, mantenimiento y seguro de responsabilidad civil.	MES	1	\$ 7.277.313,18	\$ 7.277.313,18
12	Operadoría de grúa	MES	1	\$ 1.458.000,00	\$ 1.458.000,00
13	transporte de piezas de torre a zonas rurales y de difícil acceso tiempo estimado 10 días (peso aprox. 8 toneladas) incluye instalaciones	DIAS	10	\$ 800.000	\$ 8.000.000,00
14	desmonte de torre grúa y transporte de regreso. Tiempo estimado 10 días (peso aprox. 8 toneladas)	DIAS	10	\$ 800.000	\$ 8.000.000,00
TOTAL CON TORRE GRUA					\$ 171.282.783,58
SOBRECOSTO					\$ 24.735.313,18

Fuente. Matriz adaptada de. Listado de precios Comcel de actividades civiles. 2017

Programación de obra

Se realiza la respectiva programación para una duración de 26 días.

Tabla 2. Preliminares

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Preliminares	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Visita de campo							
Señalización de obra							
Campamento en tela zinc							
Cerramiento en polisombra de área de la obra							
Desmovilización topográfica							
Descapote y limpieza							
Replanteo y nivelación							

Fuente. Se observa las preliminares que van desde el día 1 hasta el día 4. Autoría propia.

Tabla 3. Cimentación de torre.

Cimentación de torre	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15
Excavación de cimentación								
Eliminación de material excedente acarreado								
Solados concreto $f_c = 100\text{kg/cm}^2$								
Acero corrugado grado 60 cimentación								
Encofrado pedestales de torre								
Concreto cimentación de torre $f_c = 210$								
Relleno compactado								
Terreno de pedestales								

Fuente. La cimentación que comprende desde el día 8 al 15. Autoría propia.

Tabla 4. Montaje de la torre.

Montaje de torre	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19
Instalación de arranques de la torre en pernos de anclaje previamente fundidos				
Montaje de estructura metálica sobre pedestales a N.F.T +- 30 atreves de poleas o diferenciales que trabajen en tercera				
Cerca perimetral de la torre				
Cerca perimetral según el diseño para la torre autosoportada, incluye cimentación				

Fuente. En su programación se incluye el montaje de la estructura metálica desde el día 16 al 19. Autoría Propia.

Tabla 5. Instalaciones eléctricas.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Instalaciones eléctricas	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23
Instalación de medidor eléctrico				
Sistema de tablero general				
Instalaciones de luminaria				
Gabinete				

Fuente. Haciendo parte de otro tipo de instalaciones externas a la construcción de la torre pero que sirven para su funcionamiento, lo cual comprende desde del día 20 hasta el 23. Autoría propia.

Tabla 6. Instalaciones eléctricas.

Instalaciones eléctricas	Día 24	Día 25	Día 26
Sistema de puesta a tierra - pozo y halo			
Aterramiento de torre			
Aterramiento estructura metálica			

Fuente. El cual comprende el anillo de tierras para el sistema de puesta a tierra, que comprende el día 24 al 26 finalizando la obra.

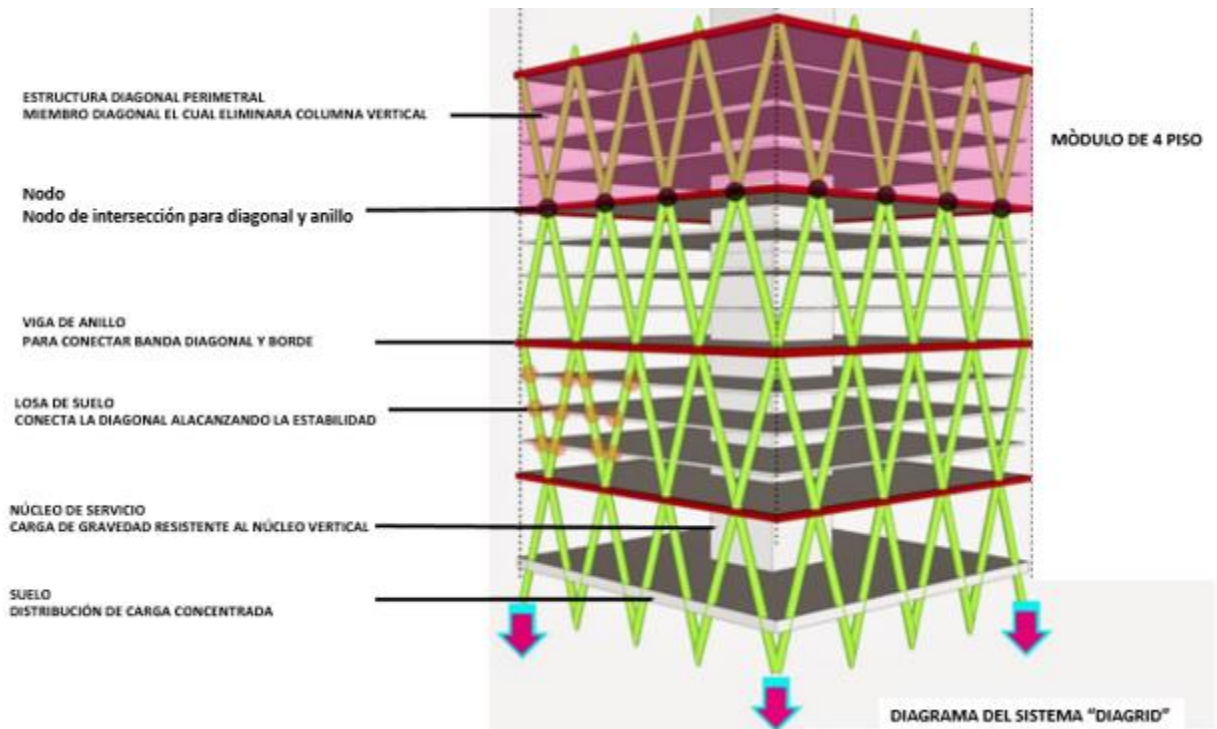
Marco Referencial

Se hace una comparativa con el sistema diagrid, este tipo de técnica Inicia a finales del siglo xx e inicios de siglo xix atreves de retículas o mallas las cuales se generan por triángulos, cuadrados pentágonos y hexágonos siendo la retícula en tres dimensiones “**TRIANGULO**” la que muestra mayor rigidez y mejor conducción de esfuerzos uniformemente (Correa, 2014), es sumamente liviano y resistente a cargas laterales y verticales generadas ocasionalmente por el viento(cargas de flexión y cortante), trabajando en tracción y compresión el cual atreves del tiempo y de su avance tecnológico y cultural ha desarrollado sistemas como “**DIAGRID**” que responde a un diseño estructural desde la ingeniería y arquitectura para construir grandes

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

edificios con armazones estructurales de acero por celosías, arrostamiento, columna y vigas huecas espaciales dispuestas en diferentes posiciones las cuales funcionaran como barras rígidas que se entrelazan entre sí por medio de nodos articulados los cuales para su unión más común se usa pernos, tornillos remaches y soldadura que responda a retículas triangulares buscando estructuras ligeras que reduzcan la cantidad de material por ende costos tiempos y faciliten su construcción. Algunos ejemplos de construcciones en diagrid y de su funcionalidad tales como (Anaya, 2016).

Figura 18. Nomenclatura de sistema diagrid.



Fuente. Análisis del comportamiento estructural de edificaciones de acero sismo resistentes de gran altura, utilizando el sistema estructural Diagrid (Saavedra,2018).

Figura 19. Hearst Tower.



Fuente. Destaca la forma de la torre de 44 pisos, que responde a la estructura triangular de acero de tipo Diagrid (Batchelder, 2007).

Figura 20. Mary Axe.



Fuente. Es un rascacielos neo futurista de uso comercial ubicado en la City, el corazón financiero de Londres, que cuenta con 40 pisos (Leiva, J, 2013).

Marco de antecedentes

Se entiende por comunicación toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes y sonidos, o información de cualquier naturaleza, por hilo, radio, medios visuales u otros sistemas electromagnéticos.

En el año 1794, en la revolución francesa Claude Chape desarrollo el Telégrafo Óptico con su propio alfabeto, el cual contaba con una columna de 2 brazos movible y un rayo de luz que, atravesada la estructura, con las combinaciones de Los rayos de luz era posible mostrar diferentes cuadros que incluían 196 caracteres (letras en mayúscula y minúscula, signos de puntuación, marcas etc.). La red de telégrafos constaba de 22 estaciones que unían a la población de Lille con la capital (Ascanio, 2012).

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

En Colombia las primeras telecomunicaciones fueron los telégrafos en 1851 por sistema binario en panamá, pero en ese entonces solo el estado poseía poder absoluto sobre estas líneas. luego el presidente Manuel murillo toro instala la primera línea en Bogotá (Ascanio, 2012).

Respecto a el mundo Colombia se encuentra en un atraso tanto desde las empresas privadas que no dan abasto como la dificultad de empresas extranjeras para entrar a proponer en este mercado en el país , podemos ver el caso de chile y costa rica siendo los países favoritos para inversiones extranjeras en este medio otorgando mejores privilegios a el sector privado remplazando lo público, de esto se puede destacar que en infraestructura se ha traído una mejora y de servicios disponibles por empresas privadas como etb – telecom y claro donde deben haber mejoras y lo ideal sería una fusión con otras empresas extranjeras ya que una parte importante del desarrollo económico de las naciones son las comunicaciones siendo de carácter fundamental en la educación, trabajo, salud y oportunidades de los pueblos y en zonas marginales y de difícil acceso observamos países como china e india que aun estando en el mejor posicionamiento; estas planean utilizar las herramientas de telecomunicaciones para revolucionar las zonas atrasadas y volverlas prosperas (campos, zonas lejanas) así evitando que la gente se venga a las ciudades (López, J. 2019). Así que Colombia está en un punto donde debe permitirse ser una nación competitiva para el siglo xxi y no; que prime el interés particular de las empresas privadas y actuales si no que prime el interés general es así como el ministerio de comunicaciones y la comisión reguladora de tarifas debe mejorar la normativa que es muy confusa para empresas extranjeras y termina haciendo que no inviertan según revista el tiempo por el estudio del profesor Nicholas Negroponte nacido en new york que es un informático y arquitecto que se basa en la investigación de la tecnología y de los impactos de ésta en la sociedad y en las empresas. Fundador y director del MIT Media Lab (Instituto Tecnológico de

Massachusetts) que hace un análisis a Colombia frente a su desarrollo y problemática en el sector de las comunicaciones. este director informático tiene múltiples reconocimientos tras su libro “being digital” en el que hace un repaso a el mundo y las conexiones en el que vivimos hoy (Buitrago y Quijano, 2015; Carrión, 2009).

Metodología

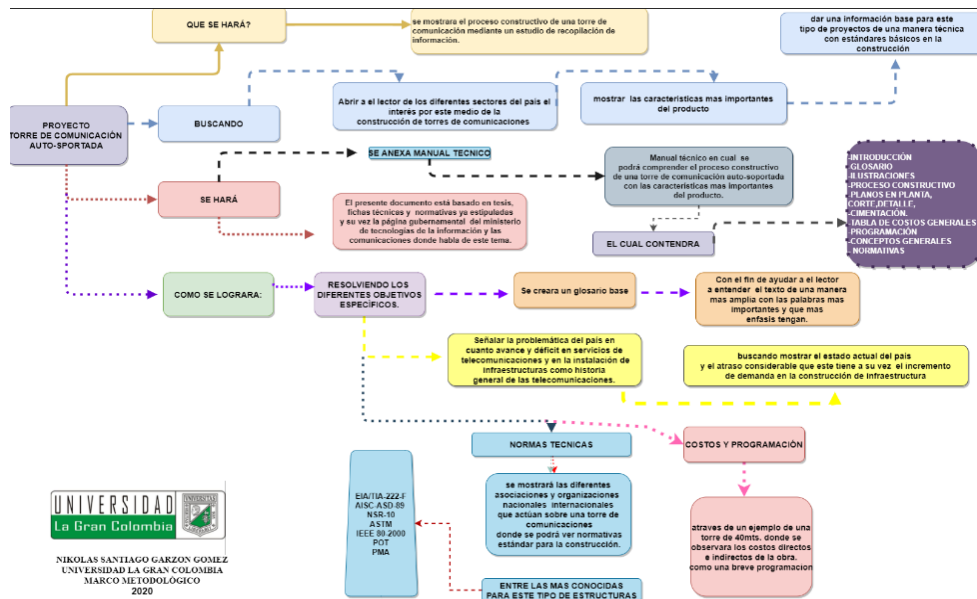
- **Establecer un glosario base que ayude a contextualizar el tema:** con el fin de ubicar al lector en el texto de una manera más técnica ayudándolo a comprender términos generales.
- **Señalar la problemática del país en cuanto avance y déficit en servicios de telecomunicaciones y en la instalación de infraestructuras:** se analizará el estado actual de las comunicaciones en el país y su atraso significativo.
- **Crear un manual sobre la instalación de un tipo de torre de comunicación (auto soportada) :** se tratará de ser lo más preciso con la información y esta será enfocada en el ámbito de la construcción mostrando las principales partes que la componen en la estructura, sus arranques desde la cimentación y su proceso constructivo y la diferente normativa como sus costos generales.
- **Mostrar el sistema “DIAGRID”:** Se muestra el sistema de retículas triangulares como ejemplo en el diseño arquitectónico y estructural en comparativa con la estructura de la torre auto soportada.
- **Analizar las problemáticas más comunes que impiden este proyecto:** Se investigara las barreras normativas ya sea municipal o departamental y las restricciones del uso del

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

suelo y la ubicación para disposición de la infraestructura según un plan de manejo ambiental.

- **Mostrar las diferentes normas técnicas:** se mostrará las diferentes asociaciones y organizaciones e institutos nacionales e internacionales que actúan sobre una torre de comunicaciones donde se podrá ver normativas estándar para la construcción.
- **Mostrará costos de una torre de comunicación:** a través del ejemplo de una torre de 40 mts en la cual podremos ver los costos directos de una obra de estas (Zapata, 2018).

Figura 21. Metodología proyecto. Autoría propia.



Fuente. Autoría propia.

Cronograma y detallado de actividades

Para la elaboración del proyecto planteado se hizo un cronograma a seis meses que se subdivide principalmente en los objetivos y los avances por corte.

Tabla 7. Cronograma Actividades.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

NIKOLAS SANTIAGO GARZON GOMEZ - 1019123634										CRONOGRAMA DEL PROYECTO DE GRADO SEXTO											
		ITEM	ACTIVIDADES					AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE					
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12						
PRIMER CORTE	30%	1.1	TEMA DE ESTUDIO				21/8/20														
		1.1	RECOPIACION DE LA INFORMACION																		
		1.5	PREGUNTA PROBLEMA		3/8/20																
		1.3	IDENTIFICAR FUENTES Y DEFINIR PROCESOS		7/8/20																
		1.4	RECOPIAR INFORMACION SOBRE TESIS PARECIDAS			10/8/20															
	70%	1.5	OBJETIVOS ESPECIFICOS Y GENERAL				28/8/20														
		1.5	MOSTRAR PROCESO CONSTRUCTIVO			14/8/20															
		2	COTE AVANCE 1					4/9/20													
		2.1	PROTOCOLO ENTREGA CORTE 1																		
		2.2	RECOPIACION DE INFORMACION		17/8/20																
SEGUNDO CORTE	30%	2.3	ASESORIA DE BIBLIOTECA						4/9/20												
		2.4	CORRECCIONES			21/8/20															
		3	OBJETIVOS ESPECIFICOS																		
		3.1	RECOPIACION DE LA INFORMACION						5/9/20												
		3.2	MANUAL CONSTRUCTIVO							10/9/20											
	70%	4	CORTE AVANCE 2																		
		4.0	COSTOS Y PRESUPUESTOS							10/9/20											
		4.1	ANTE PROYECTO							24/9/20	25/9/20										
		4.2	GRAFICAS Y ESTADISTICAS								20/9/20										
		4.3	ASESORIA BIBLIOTECA 2								31/9/2020	1/10/20									
TERCER CORTE	30%	4.4	MAPA MENTAL									5/10/20									
		5.1	PLANIMETRIA										16/10/20								
		5.2	NORMATIVA LEGAL						5/9/20												
		5.3	PROGRAMACION DE OBRA										19/10/20								
		6	CORTE AVANCE 3																		
	70%	6.1	CORRECCIONES FINALES												26/10/20						
		6.2	BIBLIOGRAFIA Y NORMAS APA												30/10/20						
		6.3	ASESORIA DE BIBLIOTECA 3																		
		7	PRESENTACION SUSTENTACION																		
		7.1	PRESENTACION DOCUMENTO TERMINADO																		
100%	7.2	DOCUMENTO APROBADO												23-OC							
	7.3	EXPOSICION DEL TEMA																			
	7.4	AGRADECIMIENTOS																			
								ENTREGA 1 CORTE						ENTREGA 2 CORTE							

Fuente. Cronograma a seis meses que se subdivide principalmente en los objetivos y los avances por corte. Autoría propia.

Conclusiones

General

El acceso a las telecomunicaciones demanda la necesidad de que llegue a todas las regiones y conocer sobre este tema tan importante en el desarrollo nacional, socioculturalmente, normativamente. Desde un marco legal que comprenda la construcción y el despliegue de esta en una comunidad y el aporte que pueda dar esto en el país.

Específico

Atreves del manual elaborado. Se buscó facilitar el acceso a la información del proceso constructivo de una torre de comunicación y su normativa que la comprende haciendo un aporte de una manera didáctica y practica desde estándares técnicos en el ámbito de la construcción.

ANÁLISIS TORRES DE COMUNICACIÓN AUTO SOPORTADA

Reducción positiva en su valor total. Del (11%) atreves del cual favorece a la obra tanto en costos como en tiempos de ejecución.

Se logra reconocer las normativas. Tanto de diseño estructural y requerimiento o especificaciones de los materiales e insumos requeridos para este tipo de estructuras y se logra identificar las barreras normativas más usuales que interfieren en el despliegue de esta.

Se pudo contextualizar los orígenes de las telecomunicaciones y su historia en Colombia mostrando su estado actual desde un marco social.

Referencias

AEC. (2019). *Normas ASTM*. 5/9/2020. <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/normas-astm>.

American Institute of Steel Construction. (1989). *Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago, 1989.

Anaya, J. (2016). *Estructura de Retícula Triangular. Transformaciones Constructivas De Las Edificaciones*. Universidad De Madrid. España. Recuperado de http://oa.upm.es/42929/1/EDWIN_GONZALEZ_MEZA_01.pdf.

Arias, A y Gonzáles, N. (2019). *Guía de diseño estructural de torres de telecomunicaciones auto soportadas en Colombia para alturas de 20, 30 y 40 metros*. Universidad Católica De Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24353/1/GUIA%20DE%20DISE%20C3%91O%20ESTRUCTURAL%20DE%20TORRES%20DE%20TELECOMUNICACIONES.pdf>.

Arias, G, Bacca, G y Wilches, J. (2016). *Código de buenas prácticas: Para el despliegue de redes de comunicaciones*. Gov. 2016. Recuperado de https://www.crcom.gov.co/recursos_user/2016/Informes/Codigo_Buenas_Practicas_2016.pdf.

Ascanio, R. (2012). *Estudio sobre el arte de la evolución histórica de las telecomunicaciones en Colombia*. Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña. Ocaña, Colombia. Recuperado de

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (1997). *Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente*. 5/9/2020. Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>.

Batchelder, P. (2007). *Hearst Tower, Norman Foster, arquitecto de la ciudad de Nueva York*. 8/11/2020.

Recuperado de <https://www.alamy.es/foto-hearst-tower-norman-foster-arquitecto-de-la-ciudad-de-nueva-york30006412.html> .

Buitrago, D y Quijano, C. (2015). *Estudio financiero para la creación de una empresa dedicada a la infraestructura para telecomunicaciones móviles*. Universidad industrial de Santa Fe. Bucaramanga, Colombia. Recuperado de <https://docplayer.es/110144225-Estudio-financiero-para-la-creacion-de-una-empresa-dedicada-a-la-infraestructura-para-telecomunicaciones-moviles.html>.

Cardona, A. (2020). *Colombia ocupa el lugar 114° en el ranking de velocidad de conexión a internet global*. La república. 12/11/2020. Recuperado de <https://www.larepublica.co/internet-economy/colombia-ocupa-el-lugar-114-en-el-ranking-de-velocidad-de-conexion-a-internet-en-el-mundo-2823132>.

Carrión, A. (2009). *Proyecto de telecomunicaciones y conectividad para el gobierno provincial de Loja*. Universidad de San Francisco Quito. Quito, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1061>.

CORIEM. (2011). *Armado de hierros de una torre y su cimentación*. 21/11/2020. <http://www.coriem.com/index.php?page=galeria---telecomunicaciones> .

Coronel, R. (2017). *Procedimientos constructivos. Unidad 2: Cimentaciones, cimentaciones profundas*. 2017. Recuperado de <https://docplayer.es/7628582-Cimentaciones-profundas.html>.

- Correa, A. (2014). *Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero en teleinformática. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.* Recuperado de [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6239/1/TESIS CORREA%20OYOLA%20ANDREA.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6239/1/TESIS%20CORREA%20OYOLA%20ANDREA.pdf).
- Coya, J. (2015). *Tutorial: consideraciones para el diseño de zapatas excéntricas (Medianeras).* 1/5/2020. <https://www.e-zigurat.com/blog/es/tutorial-zapatas-excentricas/>.
- CRC. (2020). *Medición de calidad objetiva de los servicios de comunicaciones 2019. Gobierno de análisis de datos 2020. Gov. 2020.* Recuperado de <https://www.crcom.gov.co/uploads/images/files/agenda2020/AR-TIC-2020-2021-SCC.pdf>.
- Cruz, V. (2009). *Riesgo para la salud por radiaciones no ionizantes de las redes de telecomunicaciones en el Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2009; 26(1): 94-103. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v26n1/a18v26n1.pdf>.
- Ferreira, S y Ponte, L. (2014). *Proyecto estructural de las estructuras de transición de torres de telecomunicación en azoteas de edificaciones. Universidad católica Andrés Bello.* 2014. Recuperado de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT0127.pdf>
- Ferros la pobla. (2013). *Diferencias entre losa de cimentación y zapata.* 1/5/2020. <https://ferroslapobla.com/diferencias-losa-cimentacion-zapata/>.
- García, M y Garzón, D. (2005). *Enlace microondas Comcel por GPS ingeniería. Universidad de Buenaventura. Bogotá, Colombia.* Recuperado de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/38482.pdf>.

González, A. (2005). *TIA/EIA-222-F Normas estructurales para torres y estructuras de acero para antenas.* 11/5/2020. Recuperado de

https://www.academia.edu/10876585/TIA_EIA_222_F_NORMAS_ESTRUCTURALES_PAR_A_TORRES_Y_ESTRUCTURAS_DE_ACERO_PARA_ANTENAS.

Leiva, J. (2013). *30 St Mary Axe. En búsqueda de la obra perfecta.* 8/11/2020. Recuperado de <http://obraperfecta.blogspot.com/2013/04/30-st-mary-axe.html>.

Lince, M y Gonzales, A. (2010). *Manual de Gestión Socio-Ambiental para Obras de Construcción.* Medellín, Colombia. Recuperado de <https://issuu.com/colegiomayor/docs/manualambientalparaprocesosconstruc>.

López, J. (2019). *Antes de Colombia hay 50 países con mejor velocidad de descarga en redes 4G.* 31/5/2020. Recuperado de <https://www.larepublica.co/internet-economy/antes-de-colombia-hay-50-paises-con-mejor-velocidad-dedescarga-en-redes-4g-2831452>.

Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones. (1990). *Decreto 1900 de 1990.* 5/5/2020. Recuperado de https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3568_documento.pdf.

Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones. (2018). *Despliegue de la infraestructura, campos electromagnéticos y salud.* 1/5/2020. Recuperado de <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Micrositios/Despliegue-de-InfraestructuraCampos-Electromagneticos-ysalud/5354:Necesidades#iarArticuloCompleto15354Cobertura20y20Calidad20de20Servicio>.

Ramírez, J. (2010). *Sistema de Puesta a Tierra Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF.* Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Recuperado de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8215/eduardoantonioacanoplata.2010.pdf?sequence=1>.

Saavedra, J. (2018). *Análisis del comportamiento estructural de edificaciones de acero sismo resistentes de gran altura, utilizando el sistema estructural Diagrid*. Docplayer. 8/10/2020. Recuperado de <http://docplayer.es/88041930-Analisis-del-comportamiento-estructural-de-edificaciones-de-acero-sismorresistentes-de-gran-altura-utilizando-el-sistema-estructural-diagrid.html>.

Silva, W. (2016). “*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*”. Escuela académico profesional de ingeniería mecánica. Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3835>.

Sutel. (2011). *Recomendaciones y buenas prácticas para el diseño, construcción y uso compartido de torres de telecomunicaciones*. Superintendencia de telecomunicaciones. Recuperado de https://www.sutel.go.cr/sites/default/files/estudio_mercado_acceso_de_telecomunicaciones_a_condominios_y_otros_0.pdf.

Zapata, J. (2018). *Instalación y puesta en funcionamiento de una torre*. Universidad Santo Tomas Bucaramanga. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12671/2018julianzapata.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.