

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTACIONES  
BASE CELULAR”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**EDVYN PAUL SOTO VERA**

**ASESOR**

**Mg. JUAN CARLOS UBILLUS CALMET**

**LIMA- PERÚ**

**2021**

© 2021, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir del Trabajo de Suficiencia Profesional en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**

Soto Vera, Edvyn Paúl

[epsotov@uni.pe](mailto:epsotov@uni.pe); [paul.soto@outlook.com.pe](mailto:paul.soto@outlook.com.pe)

991704166

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo:

A mi esposa Gabriela y a mi hijo Ricardo por ser mi motivación cada día.

A mis padres Raúl y Luz, por su apoyo desde el primer día.

A mis hermanos Oscar, Daniel, Eduardo y Jose por cada consejo y experiencia compartida.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por sobre todas las cosas.

A mi familia, por estar siempre apoyándome en todas las etapas de mi vida.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, especialmente a la facultad de Ingeniería Civil, a mi asesor de este trabajo el Mg. Ing. Juan Carlos Ubillus por su apoyo, a todos los docentes y personal administrativo de la facultad siempre dispuestos a colaborar en la elaboración del presente trabajo.

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN.....  | 7  |
| ABSTRACT .....  | 8  |
| PRÓLOGO .....   | 9  |
| LISTA DE TABLAS .....   | 10 |
| LISTA DE FIGURAS.....   | 11 |
| LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS .....  | 13 |
| CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....  | 14 |
| 1.1. ANTECEDENTES .....   | 14 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....                           | 14 |
| 1.2.1. Déficit de Infraestructura de Estaciones Base Celular .....            | 14 |
| 1.2.2. Desconocimiento y oposición a las Estaciones Base Celular. ....        | 15 |
| 1.3. OBJETIVOS .....  | 15 |
| 1.3.1. Objetivo Principal .....   | 15 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos .....  | 15 |
| CAPITULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....  | 16 |
| 2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE TELEFONIA MOVIL .....                                | 16 |
| 2.1.1 Estación Base Celular .....   | 16 |
| 2.1.2 Antena Celular.....   | 16 |
| 2.1.3 Ondas Electromagnéticas .....   | 16 |
| 2.1.4 Radiación Electromagnética.....   | 17 |
| 2.1.5 Espectro Electromagnético.....  | 17 |
| 2.1.6 Espectro de Frecuencias radioeléctricas o Espectro Radioeléctrico ..... | 18 |
| 2.1.7 Teléfonos Móviles. ....   | 19 |
| 2.1.8 Tecnologías de la Telefonía Móvil .....                                 | 20 |
| 2.2 OPERADORES DE TELEFONIA MOVIL EN EL PERÚ.....                             | 21 |
| 2.2.1 Telefónica del Perú .....   | 22 |
| 2.2.2 América Móvil Perú .....  | 22 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 2.2.3  | Entel Perú .....   | 22 |
| 2.2.4  | Viettel Perú.....  | 22 |
| 2.2.5  | Proveedor de Infraestructura pasiva.....   | 23 |
| 2.3    | INFRAESTRUCTURA ACTUAL .....   | 24 |
| 2.3.1  | Infraestructura Actual de Estaciones Base Celular. ....  | 24 |
| 2.3.2  | Requerimiento de Estaciones Base Celular al año 2025 .....   | 26 |
| 2.4    | MARCO LEGAL Y AMBIENTAL .....  | 26 |
| 2.4.1  | Marco Legal .....  | 26 |
| 2.4.2  | Marco Ambiental .....  | 32 |
| 2.5    | COMENTARIOS DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD<br>SOBRE EXPOSICION A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS..... | 35 |
| 2.5.1  | Efectos sobre la salud general .....   | 35 |
| 2.5.2  | Efectos sobre el embarazo.....   | 36 |
| 2.5.3  | Efectos sobre la vista .....   | 36 |
| 2.5.4  | Generación de cáncer .....   | 36 |
| 2.5.5  | Hipersensibilidad a los campos electromagnéticos y depresión .....                                     | 37 |
| 2.5.6  | Objetivos de las investigaciones actuales y futuras .....  | 37 |
| 2.5.7  | Puntos relevantes.....   | 38 |
|        | CAPITULO III: ESTACIONES BASE CELULAR. ....  | 39 |
| 3.1.   | COMPONENTES DE UNA ESTACION BASE CELULAR. ....   | 39 |
| 3.2.   | TIPOS DE ESTACIONES BASE CELULAR .....   | 40 |
| 3.2.1. | Estación Base Celular Tipo Rooftop .....   | 40 |
| 3.2.2. | Estación Base Celular Tipo Greenfield .....  | 43 |
| 3.3.   | TIPO DE TORRES EN ESTACIONES BASE CELULAR.....   | 45 |
| 3.3.1. | Mástil Arriostrado .....   | 45 |
| 3.3.2. | Torre Autosoportada.....   | 47 |
| 3.3.3. | Torre Monopolo .....   | 51 |
| 3.4.   | TIPO DE MIMETIZADOS EN ESTACIONES BASE CELULAR. ....   | 53 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4.1. Mimetizado Tipo Tanque de Agua .....           | 53 |
| 3.4.2. Mimetizado Tipo Fachada .....                  | 54 |
| 3.4.3. Mimetizado Tipo Radomo.....                    | 55 |
| 3.4.4. Mimetizado Tipo Árbol.....                     | 56 |
| 3.5. CICLO DE VIDA DE UNA ESTACION BASE CELULAR. .... | 57 |
| 3.5.1. Requerimiento del Operador. ....               | 57 |
| 3.5.2. Búsqueda de Ubicación.....                     | 58 |
| 3.5.3. Diseño de Infraestructura .....                | 59 |
| 3.5.4. Saneamiento – Licencias. ....                  | 59 |
| 3.5.5. Construcción Infraestructura.....              | 61 |
| 3.5.6. Puesta en Marcha .....                         | 61 |
| CAPITULO IV: CRITERIOS DE DISEÑO E INGENIERIA. ....   | 62 |
| 4.1. DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA.....                   | 62 |
| 4.2. DISEÑO DE TORRE .....                            | 62 |
| 4.2.1. Generalidades.....                             | 62 |
| 4.2.2. Normas de Diseño.....                          | 62 |
| 4.2.3. Programa (Software) de diseño:.....            | 63 |
| 4.2.4. Documentos de Referencia. ....                 | 63 |
| 4.2.5. Cargas de diseño .....                         | 63 |
| 4.2.6. Combinaciones de Cargas. ....                  | 72 |
| 4.2.7. Propiedad de los materiales .....              | 73 |
| 4.2.8. Condiciones de Diseño.....                     | 73 |
| 4.2.9. Procedimiento de diseño. ....                  | 74 |
| 4.2.10. Entregables.....                              | 74 |
| 4.3. DISEÑO DE CIMENTACION DE TORRE.....              | 75 |
| 4.3.1. Generalidades.....                             | 75 |
| 4.3.2. Normas de Diseño.....                          | 75 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3.3. Programa (Software) de diseño:.....         | 76 |
| 4.3.4. Estudios Previos.....                       | 76 |
| 4.3.5. Documentos de Referencia. ....              | 76 |
| 4.3.6. Cargas de diseño. ....                      | 76 |
| 4.3.7. Combinaciones de Carga:.....                | 77 |
| 4.3.8. Propiedades de los materiales. ....         | 77 |
| 4.3.9. Verificación de diseño. ....                | 78 |
| 4.3.10. Entregables. ....                          | 78 |
| 4.4. DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN EDIFICACIÓN: ..... | 79 |
| 4.4.1. Generalidades.....                          | 79 |
| 4.4.2. Normas:.....                                | 80 |
| 4.4.3. Alcances y exclusiones: .....               | 80 |
| 4.4.4. Programa (Software) de análisis:.....       | 81 |
| 4.4.5. Documentos de Referencia .....              | 81 |
| 4.4.6. Cargas de diseño .....                      | 81 |
| 4.4.7. Combinaciones de Carga.....                 | 82 |
| 4.4.8. Procedimiento de Evaluación: .....          | 82 |
| 4.4.9. Entregables.....                            | 88 |
| 4.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....    | 89 |
| 4.5.1. Generalidades.....                          | 89 |
| 4.5.2. Normas de Diseño.....                       | 89 |
| 4.5.3. Programa (Software) de diseño:.....         | 89 |
| 4.5.4. Requerimiento de Diseño.....                | 89 |
| 4.5.5. Estudios Previos.....                       | 89 |
| 4.5.6. Materiales.....                             | 90 |
| 4.5.7. Procedimiento de Diseño .....               | 90 |
| 4.5.8. Entregables.....                            | 94 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 4.6.   | EXPEDIENTE TÉCNICO DE CONSTRUCCIÓN.....             | 94  |
| 4.6.1. | Generalidades:.....                                 | 94  |
| 4.6.2. | Documentos de referencia:.....                      | 94  |
| 4.6.3. | Programa (Software) de diseño:.....                 | 95  |
| 4.6.4. | Entregables.....                                    | 95  |
|        | CAPITULO V: METODOLOGIA CONSTRUCTIVA .....          | 96  |
| 5.1.   | CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA.....                | 96  |
| 5.2.   | INICIO DE OBRA .....                                | 96  |
| 5.2.1. | Consideraciones previas.....                        | 96  |
| 5.2.2. | Entrega de terreno.....                             | 100 |
| 5.3.   | OBRAS CIVILES .....                                 | 102 |
| 5.3.1. | Cimentación.....                                    | 102 |
| 5.3.2. | Cerramiento.....                                    | 111 |
| 5.4.   | ESTRUCTURAS METÁLICAS.....                          | 115 |
| 5.4.1. | Montaje de Torre.....                               | 115 |
| 5.4.2. | Carpintería metálica.....                           | 126 |
| 5.5.   | INSTALACIONES ELECTRICAS.....                       | 129 |
| 5.5.1. | Conexión de medidor.....                            | 129 |
| 5.5.2. | Montaje de Tablero Eléctrico.....                   | 133 |
| 5.5.3. | Sistema de puesta a tierra.....                     | 135 |
| 5.5.4. | Conexiones de energía y aterramiento.....           | 140 |
| 5.6.   | ACEPTACIÓN DE OBRA.....                             | 145 |
| 5.6.1. | Verificaciones previas:.....                        | 145 |
| 5.6.2. | Protocolo de Aceptación Preliminar de Obra.....     | 146 |
| 5.6.3. | Dossier de Calidad.....                             | 151 |
|        | CAPITULO VI: CASOS PRÁCTICOS .....                  | 153 |
| 6.1    | EBC HABAS HORCO TORRE TRIANGULAR AUTOSOPORTADA..... | 153 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 6.1.1 | Resumen Ejecutivo .....                   | 153 |
| 6.1.2 | Cálculo Justificativos .....              | 157 |
| 6.1.3 | Panel Fotográfico. ....                   | 179 |
| 6.1.4 | Observaciones del Proyecto.....           | 182 |
| 6.2   | EBC VIVERO BOSQUE MASTIL ARRIOSTRADO..... | 184 |
| 6.2.1 | Resumen Ejecutivo .....                   | 184 |
| 6.2.2 | Panel Fotográfico. ....                   | 187 |
| 6.2.3 | Observaciones del Proyecto:.....          | 189 |
|       | CONCLUSIONES: .....                       | 191 |
|       | RECOMENDACIONES.....                      | 193 |
|       | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....           | 195 |
|       | ANEXOS.....                               | 196 |

## RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional desarrolla los criterios de diseño y metodología constructiva de una estación base celular.

Una estación base celular es un tipo de infraestructura de telecomunicaciones que tiene como finalidad brindar los servicios de telefonía e internet móvil mediante la operación de antenas celulares y equipos de radio. Entre los componentes más importantes de la infraestructura tenemos la torre de telecomunicaciones, el sistema de puesta a tierra, instalaciones eléctricas y obras civiles complementarias que se requiere para su correcto funcionamiento. Las torres de telecomunicaciones pueden ser instaladas a nivel de piso o a nivel de azotea de una edificación existente.

Los criterios de diseño se fundamentan en las normativas técnico-legales vigentes y en las especificaciones solicitadas por los operadores de telecomunicaciones. Se realizan estudios previos para desarrollar el diseño de la torre, cimentación y el sistema de puesta a tierra para elaborar el expediente técnico de construcción.

La metodología constructiva de tiene como objetivo asegurar la ejecución de buenas prácticas constructivas cumpliendo los requisitos de calidad, seguridad y medio ambiente, para lo cual se realizará un control y seguimiento en todas las fases del proceso constructivo.

El presente informe tiene como objetivo proponer mejoras y recomendar buenas prácticas para el diseño y construcción de una estación base celular.

## ABSTRACT

The present work of professional sufficiency develops the design criteria and constructive methodology of a cellular base station.

A cellular base station is a type of telecommunications infrastructure whose purpose is to provide mobile telephone and internet services through the operation of cellular antennas and radio equipment. Among the most important components of the infrastructure, we have the telecommunications tower, the grounding system, electrical installations, and complementary civil works that are required for its correct operation. Telecommunication towers can be installed at the ground level or at the roof level of an existing building.

The design criteria are based on the technical-legal regulations in force and on the specifications requested by the telecommunications operators. Previous studies are carried out to develop the design of the tower, foundations, and the grounding system to prepare the technical construction file.

The purpose of the construction methodology is to ensure the execution of good construction practices, complying with the quality, safety, and environmental requirements, for which a control and monitoring will be carried out in all phases of the construction process.

This report aims to propose improvements and recommend good practices for the design and construction of a cellular base station.

## PRÓLOGO

La Universidad Nacional de Ingeniería a lo largo de toda su historia, viene formando profesionales que demuestran una sólida competencia técnica y de gestión y asimismo de investigación e innovación, capaces de asumir grandes responsabilidades respetando los principios éticos de la profesión y actualizando sus conocimientos constantemente para afrontar los cambios y retos que surgen dentro de la Ingeniería Civil.

Por consiguiente, se hace llegar el presente informe titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTACIONES BASE CELULAR” basado en la experiencia profesional de uno de nuestros egresados, Edvyn Paúl SOTO VERA, durante su desempeño como “Coordinador de proyecto de diseño y la construcción” de la citada infraestructura, para varios proyectos. El motivo de la realización del presente informe es dar a conocer las funciones que debe realizar el Ingeniero Coordinador de proyecto de diseño y construcción de este tipo de infraestructura, durante y al término de las actividades de producción, además de los controles que aplica en su labor como revisión del diseño, el control de costos, control de la productividad, control de avance, control de calidad, control de maquinaria y equipos de construcción, control de la seguridad, control de impactos ambientales, control del cumplimiento de la normatividad ambiental, control del cumplimiento de las leyes laborales y las otras actividades de coordinación.

Al respecto, no quiero dejar de resaltar el esfuerzo de nuestro egresado para dejar lecciones aprendidas para proyectos similares.

## EL ASESOR

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Estaciones Base Celular por departamentos y empresas

Tabla N° 2: Clasificación de Infraestructura, mimetización y Altura

Tabla N° 3: Limite de Exposición Ocupacional

Tabla N° 4: Limite de Exposición Poblacional

Tabla N° 5: Límite de Exposición en Áreas de Uso Público.

Tabla N° 6: Clasificación de la estructura.

Tabla N° 7: Factor de Importancia

Tabla N° 8: Categoría Topográfica

Tabla N° 9: Coeficiente de Categoría de Exposición

Tabla N° 10: Factor de Probabilidad de dirección del viento.

Tabla N° 11: Factor de Ráfaga según tipo de estructura.

Tabla N° 12: Factor de Dirección del viento

Tabla N° 13: Factor de Zona

Tabla N° 14: Factor del Suelo

Tabla N° 15: Periodos "TP" y "TL"

Tabla N° 16: Categoría de las Edificaciones y Factor "U"

Tabla N° 17: Sistemas Estructurales

Tabla N° 18: Irregularidades Estructurales en altura

Tabla N° 19: Irregularidades Estructurales en planta

Tabla N° 20: Limites para la distorsión del entrepiso

Tabla N° 21: Tabla de Factores para varias barras

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. N° 1: Onda Electromagnética
- Fig. N° 2: Espectro Electromagnético
- Fig. N° 3: Antenas de una red móvil
- Fig. N° 4: Diagrama simplificado de un sistema de Telefonía Móvil
- Fig. N° 5: Evolución de la Tecnología Móvil
- Fig. N° 6: Operadores de Telefonía Móvil en el Perú.
- Fig. N° 7: Líneas Móviles por operador 2010 – 2019
- Fig. N° 8: Estaciones Base Celular por Empresa Operadora
- Fig. N° 9: Tecnologías Implementadas al 2019
- Fig. N° 10: Evolución de las EBC requeridas al 2025.
- Fig. N° 11: Relación de alturas para mimetizado tipo Rooftop
- Fig. N° 12: Estación Base Celular Tipo Rooftop - Vista Exterior
- Fig. N° 13: Estación Base Celular Tipo Rooftop - Vista Interior
- Fig. N° 14: Plano de Planta Model Estación Base Celular Tipo Rooftop
- Fig. N° 15: Plano de Elevación Model - Estación Base Celular Tipo Rooftop
- Fig. N° 16: Estación Base Celular Tipo Greenfield - Vista Exterior
- Fig. N° 17: Estación Base Celular Tipo Greenfield - Vista Interior
- Fig. N° 18: Plano de Planta Model Estación Base Celular Tipo Greenfield
- Fig. N° 19: Plano de Elevación Model Estación Base Celular Tipo Greenfield
- Fig. N° 20: Mástil Arriostrado Vista Superior
- Fig. N° 21: Mástil Arriostrado Vista Inferior
- Fig. N° 22: Soporte para Antena RF.
- Fig. N° 23: Soporte para antena MW
- Fig. N° 24: Plataforma de Trabajo
- Fig. N° 25: Plataforma de descanso
- Fig. N° 26: Escalera Peatonal de acceso
- Fig. N° 27: Escalera Rack
- Fig. N° 28: Sistema de Seguridad Línea de Vida.
- Fig. N° 29: Torre Monopolo
- Fig. N° 30: Monopolo Vista Superior
- Fig. N° 31: Mimetizado Tipo Tanque de agua- Vista Exterior
- Fig. N° 32: Mimetizado Tipo Fachada – Vista Exterior
- Fig. N° 33: Mimetizado Tipo Fachada – Vista Interior
- Fig. N° 34: Mimetizado Tipo Radomo
- Fig. N° 35: Mimetizado Tipo Árbol
- Fig. N° 36: Proceso de Implementación de una Estación Base Celular

- Fig. N° 37: Proceso de Diseño de Infraestructura Estación Base Celular
- Fig. N° 38: Mapa Eólico del Perú
- Fig. N° 39: ratios de esfuerzo en la estructura de un Monopolo
- Fig. N° 40: Análisis de Desplazamientos en Torre Autosoportada
- Fig. N° 41: Modelamiento de Cimentación en software
- Fig. N° 42: Diagrama de Esfuerzos en suelo.
- Fig. N° 43: Mapa de Zonificación Sísmica
- Fig. N° 44: Esquema Método Werner
- Fig. N° 45: Proceso de Construcción de Infraestructura
- Fig. N° 46: Entrega de terreno
- Fig. N° 47: Solado de Zapata
- Fig. N° 48: Armadura de acero.
- Fig. N° 49: Cimentación de Concreto armado
- Fig. N° 50: Ensayo de consistencia del concreto
- Fig. N° 51: Extracción de muestras de concreto
- Fig. N° 52: Relleno y Compactación
- Fig. N° 53: Cerco perimétrico de albañilería
- Fig. N° 54: Cerco perimétrico metálico
- Fig. N° 55: Cerco perimétrico de albañilería
- Fig. N° 56: Proceso de Montaje de Torre Autosoportada.
- Fig. N° 57: Proceso de Montaje de Monopolo
- Fig. N° 58: Prueba de Verticalidad
- Fig. N° 59: Prueba de Torque
- Fig. N° 60: Personal Capacitado en Trabajos en Altura
- Fig. N° 61: Escalerilla Rack – Soporte de cobertura de equipos
- Fig. N° 62: Plataforma Metálica
- Fig. N° 63: Tablero Eléctrico – Vista Exterior.
- Fig. N° 64: Tablero Eléctrico – Vista Interior.
- Fig. N° 65: Procedimiento constructivo del pozo a tierra.
- Fig. N° 66: Pozo a tierra terminado.
- Fig. N° 67: Luminaria Tipo BPL
- Fig. N° 68: Luminaria Tipo Reflector
- Fig. N° 69: Tomacorriente doble
- Fig. N° 70: Luz de Balizaje
- Fig. N° 71: Barra Bornera
- Fig. N° 72: Pararrayos Tipo Franklin.

## LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

|          |   |
|----------|---|
| 1G       | Primera Generación de la telefonía móvil  |
| 2G       | Segunda Generación de la telefonía móvil  |
| 3G       | Tercera Generación de la telefonía móvil  |
| 4G       | Cuarta Generación de la telefonía móvil   |
| 5G       | Quinta Generación de la telefonía móvil   |
| ANA      | Autoridad Nacional del Agua   |
| Bits     | Binary Digit  |
| CEM      | Campo Electromagnético.   |
| CIRA     | Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos   |
| COVID-19 | Coronavirus Disease   |
| DGAC     | Dirección General de Aeronáutica Civil  |
| DGASA    | Dirección General de Asuntos Socio Ambientales MTC  |
| EBC      | Estación Base Celular   |
| ICNIRP   | Comisión Internacional de Protección en Radiaciones No Ionizantes                               |
| INDECOPI | Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. |
| Kbps     | Kilobits por segundo  |
| MINAM    | Ministerio del Ambiente   |
| MTC      | Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones   |
| MW       | Micro Wave (Microondas)   |
| NTP      | Norma Técnica Peruana   |
| OMS      | Organización Mundial de la Salud.   |
| ONU      | Organización de las Naciones Unidas.  |
| OSIPTEL  | Organismo Superior de Inversión privada en Telecomunicaciones                                   |
| PMA      | Plan de Monitoreo Arqueológico  |
| PNAF     | Plan Nacional de Atribución de Frecuencias  |
| RAB      | Reporte de Anillo de Búsqueda.  |
| RF       | Radiofrecuencia   |
| RRU      | Unidad de radio remota.   |
| SEIA     | Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental   |
| SERNAMP  | Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado                                   |
| UIT      | Unión Internacional de Telecomunicaciones   |

## **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Los servicios de telecomunicaciones son fundamentales para el desarrollo social y económico de un país. Estos servicios nos permiten transmitir y recibir información de voz o datos en todo momento o lugar.

En el escenario mundial tenemos próximo la llegada de la tecnología 5G quinta generación, que supondrá una revolución tecnológica que proporcionará una velocidad de navegación diez veces más rápido al actual, un exponencial crecimiento de los dispositivos conectados y una disminución del tiempo de respuesta en la red a casi nula, esta tecnología servirá como herramienta para una transformación digital de la sociedad y la economía teniendo como posibilidades de aplicación las operaciones médicas teledirigidas, despliegue de vehículos autónomos, internet de las cosas, etc.

En la actualidad, en plena pandemia mundial debido al COVID-19, los servicios de telecomunicaciones han tenido un papel importante. Hemos apreciado como a pesar de las restricciones de movilización, se han podido adoptar modalidades de teletrabajo o trabajo remoto, teleducación, telesalud y demás, que han permitido continuar con el desarrollo del país.

Una estación base celular es un tipo de infraestructura de telecomunicaciones que tiene como finalidad brindar los servicios de telefonía e internet móvil mediante la operación de antenas celulares y equipos de radio en una determinada zona geográfica.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

#### **1.2.1. Déficit de Infraestructura de Estaciones Base Celular**

Según el reporte del Organismo Superior de Inversión privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL, 2020) al cierre del año 2019 se tiene 24.076 estaciones base celular en funcionamiento. Se reporta que para el año 2025 el país requiere contar con 60.771 estaciones base distribuidas en todo el territorio

nacional por los operadores de telefonía móvil, por ello se necesita que el país desarrolle una mayor infraestructura para mejorar los servicios de telecomunicaciones y permita atender la demanda en crecimiento que tendrá la población al 2025. El desarrollo de infraestructura de telecomunicaciones requerirá que los Ingenieros Civiles responsables del diseño y construcción de estaciones base celular garanticen una correcta ejecución e implementen buenas prácticas constructivas para cumplir los requerimientos de tiempo, costo, calidad, seguridad y medio ambiente.

### **1.2.2. Desconocimiento y oposición a las Estaciones Base Celular.**

Existe un desconocimiento y oposición de la población a la instalación de estaciones bases celular debido al temor existente a que las radiaciones emitidas por las antenas son perjudiciales para la salud, así mismo existe un desconocimiento e incumplimiento del marco legal vigente de la ley 29022 “Ley para el fortalecimiento de la expansión de Infraestructura en telecomunicaciones” por parte de las funcionarios y autoridades locales. Estos factores generan contingencias sociales y municipales que generan retrasos, paralizaciones en el proceso de construcción, implementación o mantenimiento de estaciones base.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo Principal**

- Proponer mejoras en el proceso de construcción de estaciones base celular.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Analizar las problemáticas más recurrentes en el proceso de construcción y puesta en marcha de la estación base celular
- Recomendar buenas prácticas para la construcción de estaciones base celular, considerando los aspectos constructivos, calidad, seguridad y medio ambiente

## **CAPITULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.**

### **2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE TELEFONIA MOVIL**

#### **2.1.1 Estación Base Celular**

Una estación base celular es un tipo de infraestructura de telecomunicaciones que tiene como finalidad brindar los servicios de telefonía e internet móvil mediante la operación de antenas celulares y equipos de radio.

#### **2.1.2 Antena Celular.**

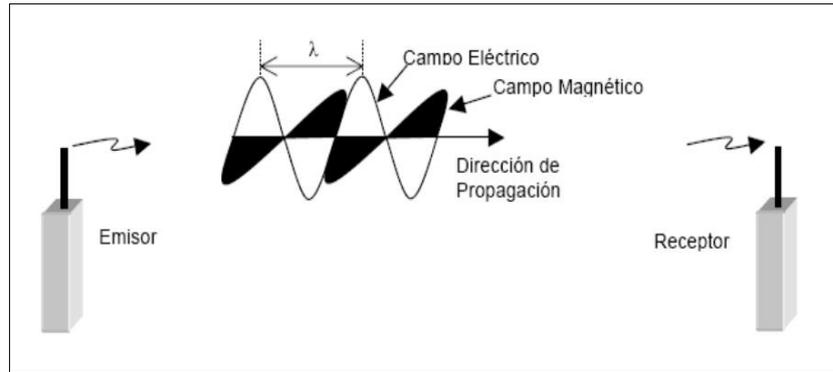
La antena celular es un dispositivo diseñado para emitir y recibir ondas electromagnéticas. Comúnmente son instalados en torres de telecomunicaciones o en infraestructuras existentes que le permita una altura óptima para su operación.

#### **2.1.3 Ondas Electromagnéticas**

Las ondas electromagnéticas son una combinación de ondas en campos eléctricos y magnéticos perpendiculares entre sí, producidos por cargas en movimiento (ver fig. N°1). Los campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltaje y los campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas.

Las Ondas electromagnéticas se caracterizan por su longitud de onda y su frecuencia. La longitud de onda ( $\lambda$  en metros) es la distancia que existe entre los puntos correspondientes a un ciclo completo. La frecuencia es el número de oscilaciones completas que pasan por un determinado punto por unidad de tiempo y se mide en hertzios (Hz).

La longitud de onda ( $\lambda$ ) y la frecuencia ( $f$ ) están relacionadas a través de  $\lambda \times f = c$ , donde  $c$  = velocidad de la luz, como el valor de  $c$  es fijo, se puede concluir que las señales de baja frecuencia tienen una longitud de onda muy larga, mientras que, en las señales de frecuencia alta, la longitud de onda será corta. Cuando mayor sea la frecuencia, mayor es la cantidad de energía que transporta



**Fig. N° 1. Onda Electromagnética**  
Fuente: [www.cenergia.org.pe](http://www.cenergia.org.pe)

#### 2.1.4 Radiación Electromagnética

La radiación electromagnética es una forma energía que resulta de la propagación de las ondas electromagnéticas, pueden provenir de fuentes naturales como la luz visible, radiación infrarroja o luz ultravioleta; y de fuentes artificiales como los microondas, radiofrecuencias, etc.

#### 2.1.5 Espectro Electromagnético.

Es una clasificación de las radiaciones electromagnéticas. Según su frecuencia pueden ser radiaciones ionizantes o radiaciones no ionizantes. (Ver fig. N°2)

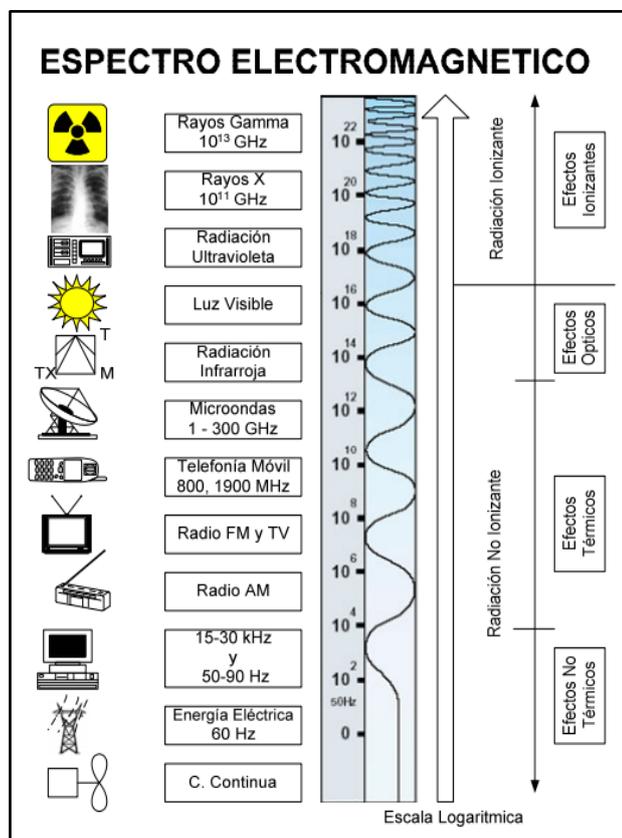
##### **Radiación ionizante:**

*Son radiaciones de altas frecuencias que contienen suficiente energía para causar ionización, separando electrones de los átomos o moléculas. Su interacción con la materia puede cambiar las reacciones químicas del cuerpo generando daños nocivos a los tejidos. Ejemplos de radiaciones ionizantes son los rayos X y la radiación gamma que emiten los materiales radioactivos. (Cruz Ornetta, 2016, p.6)*

##### **Radiación no ionizante:**

*Son radiaciones que no tienen suficiente energía para causar ionización. En el caso del cuerpo humano esta radiación puede inducir corrientes o causar un efecto de calentamiento, pero los niveles a los que están expuestos no son suficientes para causar algún daño perenne en los tejidos. Dentro de esta clasificación se tiene las radiofrecuencias utilizadas para los servicios de*

telecomunicaciones como por ejemplo radio, telefonía móvil e internet. (Cruz Ornetta, 2016, p.6)



**Fig. Nº 2. Espectro Electromagnético**  
Fuente: La Telefonía móvil y su salud

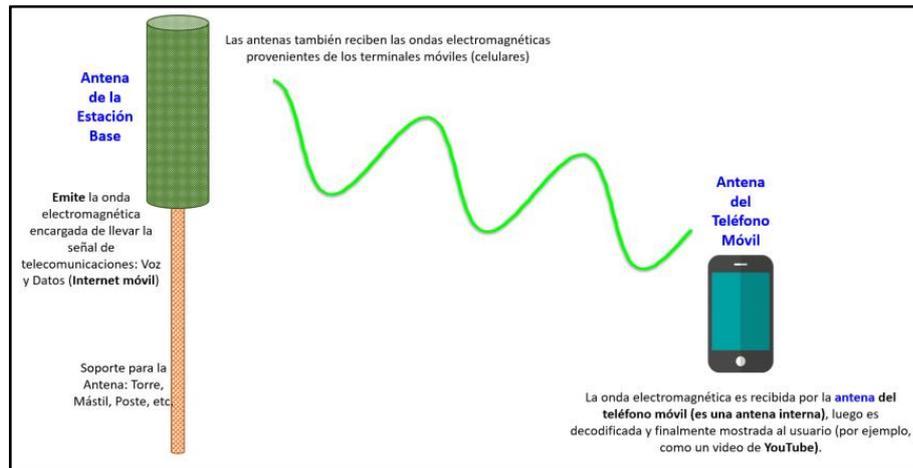
### 2.1.6 Espectro de Frecuencias radioeléctricas o Espectro Radioeléctrico

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) define como espectro radioeléctrico a “Las frecuencias del espectro electromagnético usadas para los servicios de difusión y servicios móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos”.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), “El espectro radioeléctrico es un recurso natural conformado por el conjunto de ondas electromagnéticas cuyas frecuencias se fijan convencionalmente desde 9 kHz hasta 300 GHz y que forma parte del patrimonio de la Nación”

### 2.1.7 Teléfonos Móviles.

El teléfono móvil es un dispositivo portátil que contiene una antena interna emisora y receptora de baja potencia que funciona mediante un intercambio simultaneo con las antenas de la estación base celular más próxima formando entre ellas una red móvil. (Ver fig. N°3)



**Fig. N° 3. Antenas de una red móvil**

Fuente: Osiptel

Los usuarios de telefonía móvil pueden comunicarse mediante voz y datos siempre que se encuentren en un área geográfica denominada zona de cobertura. Para crear esta zona, el espacio geográfico se divide en hexágonos llamados células, en el centro de cada célula se sitúa una estación base que se interconecta con los teléfonos móviles mediante ondas electromagnéticas y a su vez se interconectan con las centrales de redes para comunicarse con otros móviles, centrales de telefonía fija o un centro de datos de internet. (Ver fig. N°4)

La estación se interconecta con otras estaciones mediante redes de transporte que puede ser antenas microondas, fibra óptica o antenas satelitales.

La ubicación de la estación base dentro de la celda está determinada por una serie de factores, que incluye la topografía y otras limitaciones físicas tales como árboles y edificios, la capacidad de la celda o cantidad de llamadas. Mientras aumenta la demanda del servicio se requiere mayor capacidad de las celdas.

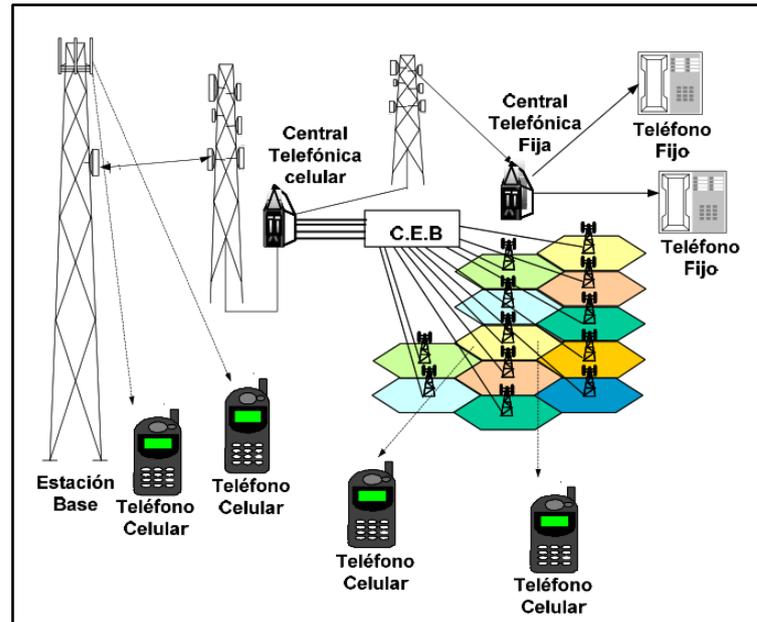


Fig. Nº 4. Diagrama simplificado de un sistema de Telefonía Móvil  
Fuente: La Telefonía móvil y su salud

### 2.1.8 Tecnologías de la Telefonía Móvil

#### ***Tecnología primera generación (1G)***

Primera tecnología utilizada para el uso de la telefonía móvil. Contaba con un servicio básico de voz de baja calidad con una velocidad promedio de transmisión es de 2,4 kbps (Kilobits por segundo). Ingreso a funcionar en el Perú en el inicio de los años noventa. Actualmente esta tecnología ya no es utilizada.

#### ***Tecnología segunda generación (2G)***

Esta tecnología mejoró los servicios básicos de voz e introdujo el servicio SMS (Servicios de mensajes cortos). Su velocidad promedio de transmisión es de 64kbps. Ingreso a funcionar en el Perú a mediados y finales de los años noventa. Esta tecnología es poco utilizada en la actualidad y se encuentra en proceso de desuso.

#### ***Tecnología tercera generación (3G)***

Esta tecnología facilitó la transferencia de archivos multimedia y la conectividad a internet con una velocidad promedio de transmisión de 2Mbps. Con esta generación aparecieron los móviles con pantalla a color, cámaras fotográficas, sonidos MP3,

video llamadas, transferencia de archivos. Ingreso a funcionar en el Perú en el año 2008. Esta tecnología es utilizada medianamente en la actualidad.

### **Tecnología cuarta generación (4G)**

Cuarta tecnología de redes móviles con la cual aparecen los Smartphone diseñado para proporcionar alta velocidad, alta calidad y seguridad para servicios voz y datos, multimedia e internet. Con una velocidad promedio de 100Mbps. Introduce los servicios acceso móvil Web, TV móvil de alta definición, Streaming, computación en la nube, etc. Ingreso a funcionar en el Perú en el año 2014.

### **Tecnología quinta generación (5G)**

Quinta generación de redes móviles en proceso de implementación en el mundo. Esta tecnología proporcionará una velocidad de navegación 10 veces más rápido al actual con un promedio de 10Gbps, una disminución del tiempo de respuesta de la red (latencia) a casi nula y un exponencial crecimiento de los dispositivos conectados. Servirá como herramienta para una transformación digital teniendo como posibilidades de aplicación, las operaciones médicas teledirigidas, despliegue de vehículos autónomos, internet de las cosas, etc. (Ver fig. N° 5)

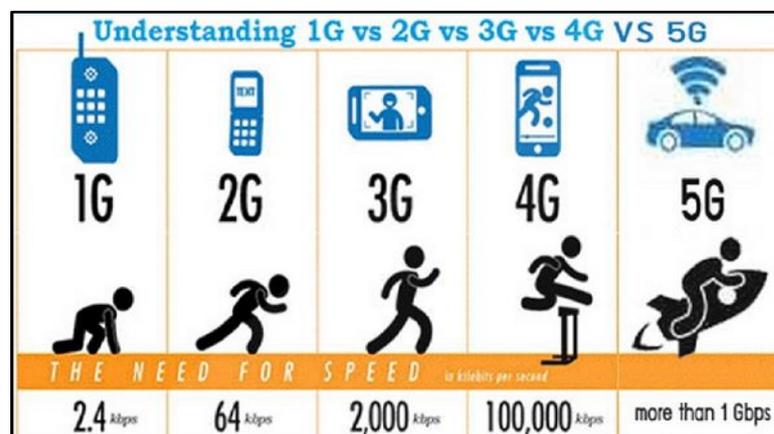


Fig. N° 5. Evolución de la Tecnología Móvil  
Fuente: tecnologiamovil.org

## **2.2 OPERADORES DE TELEFONIA MOVIL EN EL PERÚ**

Actualmente en el Perú se tiene 04 concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones que brindan el servicio de telefonía móvil. (Ver fig. N°6)

### **2.2.1 Telefónica del Perú**

Con su marca comercial “Movistar” es la filial de la multinacional española de telecomunicaciones Telefónica. De los operadores vigentes es la que tiene más tiempo en el mercado peruano, ingreso en los años 90 luego de la compra de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL). Actualmente es la mayor empresa proveedora de servicios de telefonía con un promedio de 13 millones de líneas móviles.

### **2.2.2 América Móvil Perú**

Con su marca comercial “Claro” es la filial de la multinacional mexicana América Móvil. Es el segundo operador con más tiempo en el mercado peruano, ingresó en el año 2005 luego de la compra de la empresa de capital italiano TIM PERU que estaba operando en el país desde el 2001. Actualmente cuenta con un promedio de 12 millones de líneas móviles.

### **2.2.3 Entel Perú**

Con su marca comercial “Entel” es la filial al grupo Entel Chile. Entro en operaciones en el año 2014 luego de la compra de la empresa peruana “Nextel Perú”. Actualmente cuenta con un promedio de 8 millones de líneas móviles.

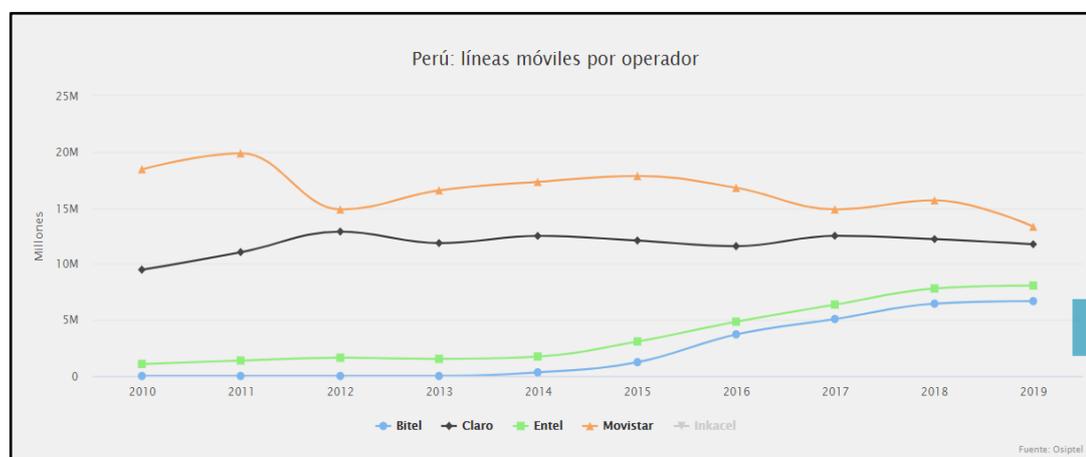
### **2.2.4 Viettel Perú**

Con su marca comercial “Bitel” es la filial de la empresa vietnamita Viettel Telecom. El ultimo operador en ingresar al mercado en el año 2014. Actualmente cuenta con un promedio de 6 millones de líneas móviles.

Como se aprecia en la fig. N° 7, (Osiptel, 2020) en los últimos años se ha generado un crecimiento en las líneas móviles de los operadores Entel y Bitel generando una caída en los operadores Movistar y Claro, esto principalmente por la competencia de mercado, mejores ofertas y planes de telefonía móvil.



**Fig.N°6. Operadores de Telefonía Móvil en el Perú.**  
Fuente: OSIPTEL



**Fig.N°7. Líneas Móviles por operador 2010 – 2019**  
Fuente: OSIPTEL

### 2.2.5 Proveedor de Infraestructura pasiva.

*Persona natural o jurídica que, sin ser un concesionario de servicios públicos de telecomunicaciones, cuenta con infraestructura, compuesta principalmente por torres, mástiles, distintos a los elementos electrónicos de una red de telecomunicaciones; que utiliza para proveer soporte a redes de servicios de telecomunicaciones; y, que se inscriba en el Registro de Proveedores de Infraestructura Pasiva para Servicios Públicos Móviles. (MTC, 2014)*

Este tipo de proveedores son conocidos como “Torreras” y tienen como unidad de negocio arrendar su infraestructura a los operadores de telefonía móvil. Este tipo de proveedor que permite a los operadores de telefonía enfocar sus esfuerzos en la prestación del servicio en lugar del despliegue de infraestructura.

## 2.3 INFRAESTRUCTURA ACTUAL

### 2.3.1 Infraestructura Actual de Estaciones Base Celular.

En el Perú, la infraestructura en telecomunicaciones creció 6.2% en 2019, respecto al resultado del año anterior, al sumar 24,076 Estaciones Base Celular (EBC) instaladas a nivel nacional, según estadísticas difundidas por OSIPTEL.

El resultado por empresas operadoras, Movistar concentró un total de 8,381 EBC, Claro 5,587 EBC, Bitel 5,265 EBC y Entel 4,843 EBC (Ver fig. N°8)

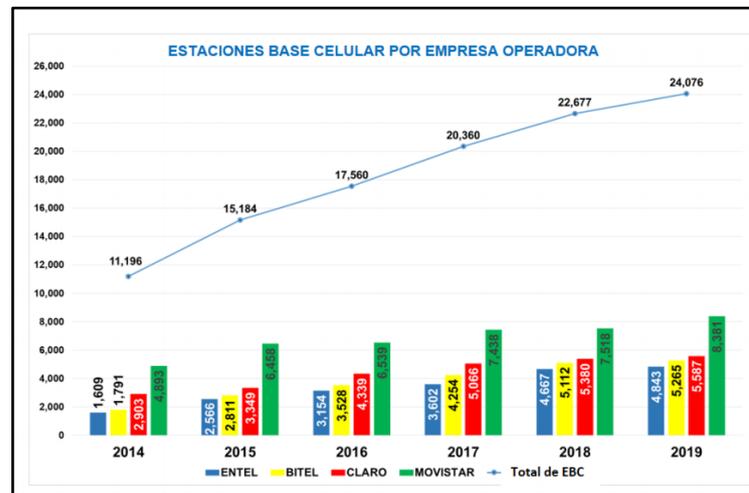


Fig.N°8. Estaciones Base Celular por Empresa Operadora  
Fuente: OSIPTEL

El mayor despliegue de infraestructura se concentró en Lima, con 9,196 EBC, cifra que representa el 38.2% del total; seguido de Arequipa, con 1,347; La Libertad con 1,241, Piura, 1,095 y Cajamarca 975, por mencionar algunos. (Ver Tabla N°1)

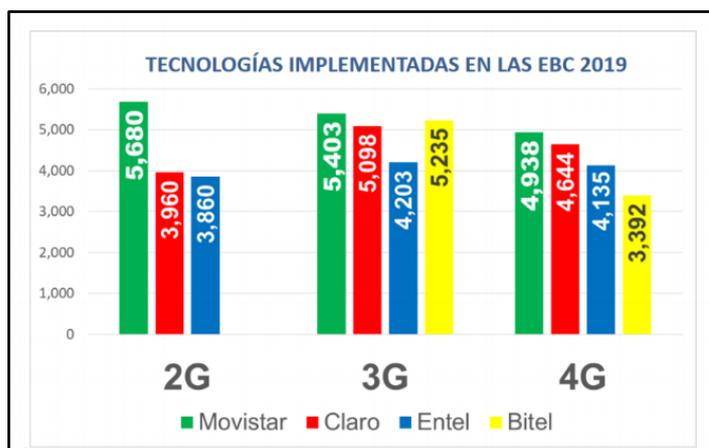
En Perú, la tecnología 2G del servicio de telefonía móvil se encuentra implementada en 13,500 EBC, la de 3G en 19,939 EBC y la de 4G está presente en 17,109 EBC, respectivamente. Se debe considerar que una EBC es el emplazamiento donde se puede instalar equipamiento de múltiples tecnológicas como 2G, 3G y 4G. (Ver fig. N°9)

A la fecha en el país no se tiene ninguna estación base celular que opere la tecnología 5G.

**Tabla N°1: Estaciones Base Celular por departamentos y empresas – 2019**

Fuente: OSIPTEL

| Región        | Movistar     | Claro        | Entel        | Bitel        | Cantidad por Región |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| Amazonas      | 211          | 46           | 24           | 69           | 350                 |
| Ancash        | 388          | 172          | 142          | 247          | 949                 |
| Apurímac      | 212          | 92           | 32           | 106          | 442                 |
| Arequipa      | 421          | 372          | 256          | 298          | 1347                |
| Ayacucho      | 314          | 130          | 59           | 153          | 656                 |
| Cajamarca     | 468          | 198          | 93           | 216          | 975                 |
| Cusco         | 356          | 306          | 137          | 274          | 1073                |
| Huancavelica  | 195          | 89           | 20           | 74           | 378                 |
| Huánuco       | 273          | 134          | 50           | 143          | 600                 |
| Ica           | 191          | 127          | 177          | 148          | 643                 |
| Junín         | 402          | 175          | 138          | 231          | 946                 |
| La Libertad   | 425          | 308          | 244          | 264          | 1241                |
| Lambayeque    | 260          | 120          | 142          | 174          | 696                 |
| Lima          | 2,401        | 2,452        | 2,678        | 1,665        | 9196                |
| Loreto        | 273          | 61           | 35           | 108          | 477                 |
| Madre de Dios | 38           | 58           | 29           | 44           | 169                 |
| Moquegua      | 79           | 55           | 28           | 46           | 208                 |
| Pasco         | 92           | 50           | 18           | 71           | 231                 |
| Piura         | 432          | 174          | 212          | 277          | 1095                |
| Puno          | 295          | 223          | 119          | 230          | 867                 |
| San Martín    | 365          | 87           | 71           | 199          | 722                 |
| Tacna         | 129          | 64           | 59           | 103          | 355                 |
| Tumbes        | 59           | 44           | 34           | 54           | 191                 |
| Ucayali       | 102          | 50           | 46           | 71           | 269                 |
| <b>Total</b>  | <b>8,381</b> | <b>5,587</b> | <b>4,843</b> | <b>5,265</b> | <b>24076</b>        |



**Fig.N°9. Tecnologías Implementadas al 2019**

Fuente: OSIPTEL

### 2.3.2 Requerimiento de Estaciones Base Celular al año 2025

En el último reporte de estimaciones presentados por OSIPTEL el país requiere contar con 60.771 estaciones base celular al 2025 distribuidas en todo el territorio nacional entre los 04 operadores que brindan los servicios de telefonía e internet móvil, para cubrir la demanda en el consumo de datos móviles en el país. El número estimado no considera un acuerdo de uso compartido pasivo o activo entre los operadores que puede generar requerir un menor número de estaciones en la estimación.

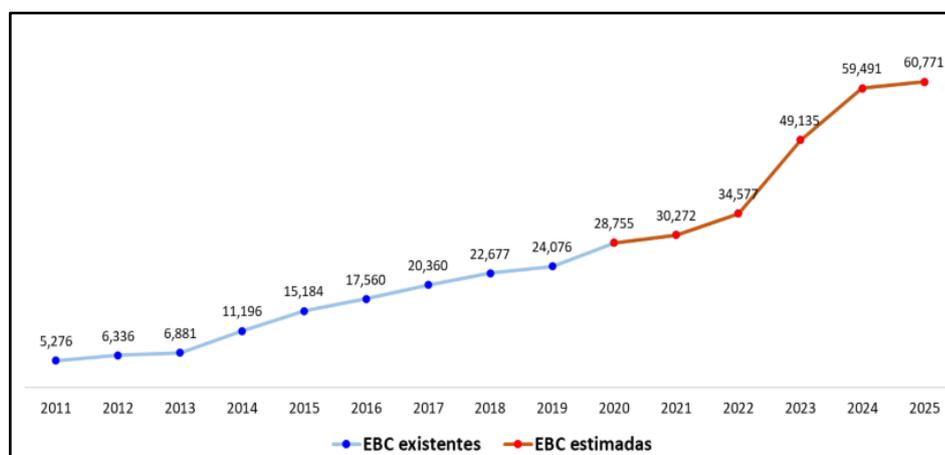


Fig. N°10. Evolución de las EBC requeridas al 2025.

Fuente: OSIPTEL

## 2.4 MARCO LEGAL Y AMBIENTAL

### 2.4.1 Marco Legal

El marco legal vigente para la instalación de estaciones base celular en el país se basa en las siguientes leyes, decretos y modificaciones.

**Ley N° 29022: “Ley para la expansión de infraestructura en telecomunicaciones” (2007)**

La ley también declara que el uso de áreas y bienes de dominio público, incluido suelos, subsuelo y aires para el despliegue, mejoras y/o mantenimiento de infraestructura instalada es a título gratuito.

***Ley N° 30228: “Ley que modifica la ley N° 29022, ley para la expansión de infraestructura de telecomunicaciones” (2014)***

Se modifica el nombre de la ley 29022 a “Ley para el fortalecimiento de la expansión de Infraestructura en telecomunicaciones” dando como objeto de la ley vigente. Establecer un régimen especial y temporal en todo el territorio nacional, para la instalación y expansión de los servicios públicos de telecomunicaciones, en especial en áreas rurales y de preferente interés social y zonas de frontera, a través de la adopción de medidas que promuevan la inversión privada en infraestructura necesaria para la prestación de esos servicios, así como de medidas que faciliten dichas actividades y que eliminen las barreras que impidan llevarlas a cabo.

La ley modifica que el régimen de los permisos y/o autorizaciones requeridas para la instalación se sujetan a una aprobación automática.

La ley resalta la obligatoriedad de cumplimiento en todas las entidades de la administración pública a nivel nacional, regional y local generando responsabilidades legales a los funcionarios públicos que no lo cumplan.

***Decreto Supremo N° 003 – 2015 – MTC. Aprueban el reglamento de la ley N° 29022 (2015)***

En este reglamento se detalla el procedimiento para que la instalación de infraestructura se sujete a la aprobación automática presentando los siguientes requisitos en la municipalidad competente:

- FUIIT (Formulario Único de Instalación de Infraestructura de Telecomunicaciones)
- Copia simple que acredita las facultades de representación del solicitante.
- Copia de la Resolución Ministerial que otorga concesión para prestar el servicio público de telecomunicaciones, en caso de un proveedor de infraestructura pasiva la constancia de inscripción al registro de proveedores.
- Plan de Obra:
  - o Cronograma detallado de la ejecución del proyecto.

- Memoria descriptiva y planos de especialidades
  - Declaración Jurada del Ingeniero Civil colegiado y responsable de la ejecución de la obra, según el formato Anexo 4 que indique expresamente que la edificación, elementos de soporte o superficie sobre la que se instalará la Infraestructura de telecomunicaciones, reúne las condiciones que aseguren su estabilidad y adecuado comportamiento en condiciones de riesgo tales como sismos, vientos, entre otros.
  - En caso la obra implique la interrupción del tránsito, se debe adjuntar el plano de ubicación conteniendo la propuesta de desvíos
  - Certificado de habilidad del Ingeniero Responsable de Obra.
  - Formato de mimetización.
  - Carta de compromiso del Operador o del proveedor de infraestructura pasiva por el cual se compromete a adoptar las medidas necesarias para revertir y/o mitigar el ruido, las vibraciones u otro impacto ambiental, así como el cumplimiento de los límites máximos permisibles.
- Instrumento de gestión ambiental.
  - Documentos del predio y arrendamiento en caso el terreno donde se implementará la infraestructura es de propiedad privada.
  - En el caso que parte o toda la infraestructura de telecomunicaciones a instalar recaiga sobre áreas o bienes protegidos por leyes especiales, el solicitante debe adjuntar al FUIIT, la autorización emitida por la autoridad competente.

De cumplirse todos los requerimientos presentados sin tener observaciones en la entidad municipal, el cargo de ingreso del FUIIT se acredita como la autorización para el inicio de las actividades de instalación de infraestructura de telecomunicaciones y tiene una equivalencia legal de una licencia de construcción.

***Decreto Supremo Nº 004 – 2019 – MTC. Que modifica diversos artículos y el Anexo 2 del reglamento de la ley Nº 29022***

Los operadores y proveedores de infraestructura pasiva se encuentran obligados a retirar y desmontar la infraestructura de telecomunicaciones que ya no es utilizada o tengan 01 año de haber sido reportado como concluido y en la actualidad no estén siendo utilizados para la prestación de servicios.

Se establece que, en plazas y parques a nivel nacional, la distancia mínima de separación entre la infraestructura Greenfield mimetizada “tipo árbol” y cualquier otro tipo de infraestructura será de 200 metros.

El anexo 2 presenta los lineamientos para la instalación de infraestructuras de telecomunicaciones mimetizadas clasificando las infraestructuras por modelo de mimetización y altura. (Ver Tabla N°2).

Se especifica que en plazas, parques y áreas con presencia de flora únicamente está permitido la instalación de mimetización tipo árbol y de una altura máxima de 30 metros. La solución de Monopolo con Radomo cilíndrico es autorizada en bermas de vías principales, vías de evitamiento, carreteras y playas con una altura máxima de 30 metros. No se autoriza su instalación en plazas ni parques

**Tabla 2: Clasificación de Infraestructura, mimetización y Altura según la Ley 29022**  
Fuente: MTC

| TIPO DE INFRAESTRUCTURA | MODELO DE MIMETIZACION |                                     | ALTURA MÁXIMA |
|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------|
| POSTE                   | SP-1                   | MULTIUSO (SMART POLE)               | 15 metros     |
|                         | SC-1                   | SMALL CELL                          |               |
| GREENFIELD              | G-6                    | ARBOL                               | 30 metros     |
|                         | G-1                    | MONOPOLO CON RADOMO CILINDRICO      | 30 metros     |
|                         | G-2                    | PANEL PUBLICITARIO                  | 30 metros     |
|                         | G-3                    | CAMPANARIO                          | 21 metros     |
|                         | G-4                    | TRI TOWER                           | 21 metros     |
|                         | G-5                    | TANQUE DE AGUA ELEVADO              | 30 metros     |
| ROOFTOP                 | R-1                    | CERCOS PERIMETRICOS                 | 6 metros      |
|                         | R-2                    | INTEGRADO EN FACHADAS               |               |
|                         | R-3                    | PANELES DE LAMAS                    |               |
|                         | R-5                    | TANQUE DE AGUA                      |               |
|                         | R-6                    | COMBINADO FACHADA Y PANELES DE LAMA |               |
|                         | R-7                    | CHIMENEA                            |               |
|                         | R-8                    | MASTILES TUBULARES                  |               |

La altura máxima del mimetizado para todas las opciones tipo Rooftop es de seis (06) metros y la altura total de la edificación y mimetizado en su conjunto será máximo 30 metros, conservando la relación de aspecto de 1 a 2, siendo como uno la altura del mimetizado y como dos la altura de edificación.

Excepciones de mimetización, toda infraestructura incluido antenas y equipos que se instalen en zonas urbanas sobre edificaciones existentes con alturas mayores a 24 metros no se mimetizan siempre que las antenas se instalen en mástiles de altura máxima de 4 metros.

Toda infraestructura Greenfield que se instale en zonas rurales, cerros, montañas y en general fuera de zonas urbanas no se mimetiza.

***Decreto Legislativo Nº 1477. Que establece medidas que facilitan la instalación de infraestructura necesaria para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones frente a la emergencia sanitaria producida por el brote del COVID-19 (2020)***

Decreto vigente que establece un régimen especial y temporal hasta que dure la emergencia sanitaria con la finalidad de mejorar la conectividad de los usuarios finales, de modo que facilite el trabajo remoto, el gobierno digital, la telesalud y la teleeducación.

Se crea un procedimiento especial de aprobación automática para la obtención de autorización para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones. Los operadores de servicios públicos y los proveedores de infraestructura pasiva se acogerán al procedimiento mediante la presentación del SUIIT (Solicitud Única de Instalación de Infraestructura de Telecomunicaciones) que tiene carácter de declaración jurada. Los requisitos para la obtención de la autorización son:

- SUIIT suscrita por el solicitante o representante legal, solicitando el otorgamiento de la autorización. Este documento debe estar suscrito, en todos los casos, por un operador de servicios públicos de telecomunicaciones, incluso si el solicitante es un proveedor de infraestructura pasiva.
- Descripción del tipo de infraestructura de telecomunicaciones a instalar, la ubicación geográfica de la infraestructura de Telecomunicaciones a instalar (Región, Provincia, Distrito y coordenadas geográficas – DATUM UTM WGS84) y el área (m<sup>2</sup>) y/o perímetro (metros lineales) del proyecto.

- Copia de la autorización emitida por la autoridad competente, en el caso que parte o toda la infraestructura de Telecomunicaciones a instalar recaiga sobre áreas y/o bienes protegidos por leyes especiales.
- Plano de ubicación conteniendo la propuesta de desvíos y señalización, en caso la obra implique la interrupción del tránsito.
- Declaración jurada firmada por el representante legal debidamente autorizado del operador de servicios públicos, así como el representante legal del proveedor de infraestructura pasiva, en caso de ser este el solicitante, de cumplir los lineamientos para la instalación de Infraestructura de Telecomunicaciones mimetizadas contenidos en el anexo 2 del reglamento; no poner en riesgo la seguridad de terceros ni edificaciones vecinas; adoptar las medidas necesarias para revertir y/o mitigar el ruido, las vibraciones u otro impacto ambiental durante la instalación de la Infraestructura de Telecomunicaciones y cumplir los Límites máximos permisibles.

Conforme a la normativa vigente; así como de presentar en el plazo máximo de seis (06) meses de presentada el SUIIT, la siguiente documentación:

- o Cronograma detallado de ejecución del proyecto.
- o Memoria descriptiva y planos de especialidades.
- o Declaración jurada Anexo 04 firmada por el Ing. Civil responsable de Obra con certificado de habilidad vigente.
- o Documentación del predio en caso de utilizar un terreno privado.

El SUIIT con el sello de recepción de la municipalidad sin observaciones acredita la autorización para el inicio de actividades de instalación de la infraestructura de telecomunicaciones. Las municipalidades que tienen capacidad técnica y operativa podrán optar por implementar la solicitud de manera digital cumpliendo los requisitos indicados.

En tanto dure la emergencia nacional se exonera la obligación de presentar la ficha técnica regulada en el artículo 2 de la resolución ministerial N° 186-2015-MINAM respecto a los proyectos de infraestructura de telecomunicaciones que no estén sujetos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

## 2.4.2 Marco Ambiental

### ***Decreto Supremo N° 038 – 2003 – MTC Establecen Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en telecomunicaciones (2003)***

Los límites Máximos Permisibles de Radiación No Ionizantes son un instrumento de gestión ambiental para prevenir y controlar la contaminación generada por actividades en el sector telecomunicaciones.

Su cumplimiento es obligatorio para toda actividad de telecomunicaciones que utilicen el espectro radioeléctrico y cuya emisión de equipos se encuentre en las frecuencias de 9kHz a 300GHz

Se adopta los valores establecidos como niveles de referencia por la Comisión Internacional de Protección en Radiaciones No Ionizantes ICNIRP Se definen previamente los siguientes conceptos:

#### *Intensidad de campo eléctrico.*

Cantidad de campo vectorial que representa la fuerza producida por una carga de prueba positiva infinitesimal ( $q$ ) en un punto, dividida entre el valor de dicha carga eléctrica. Se expresa en unidades de voltios sobre metro (V/m)

#### *Intensidad de campo magnético.*

Campo vectorial igual a la densidad de flujo electromagnético dividida entre la permeabilidad del medio. Se expresa en unidades de amperios sobre metro (A/m)

#### *Densidad de Potencia.*

La tasa de flujo de energía electromagnética por la unidad del área de superficie usualmente expresado en W/m<sup>2</sup>.

#### *Exposición Ocupacional.*

Cuando las personas están expuestas a la radio frecuencia como consecuencia de su ocupación y son conscientes del potencial para exposición y pueden ejercer el control en el mismo. (Ver Tabla N°3)

**Tabla N°3: Limite de Exposición Ocupacional**

Fuente: MINAM

| Rango de frecuencias | Intensidad de campo eléctrico (V/m) | Intensidad de campo magnético (A/m) | Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| 9 – 65 KHz           | 610                                 | 24.4                                | -  |
| 0.065 – 1 MHz        | 610                                 | 1.6 / f                             | -  |
| 1 – 10 MHz           | 610 / f                             | 1.6 / f                             | -  |
| 10 – 400 MHz         | 61                                  | 0.16                                | 10                                       |
| 400 – 2000 MHz       | 3 f <sup>0.5</sup>                  | 0.008 f <sup>0.5</sup>              | f / 40                                   |
| 2 – 300 GHz          | 137                                 | 0.36                                | 50                                       |

**Exposición Poblacional.**

Cuando las personas expuestas podrían no estar conscientes del potencial de la exposición o no pueden ejercer el control sobre dicha exposición. (Ver tabla N°4

**Tabla N°4: Limite de Exposición Poblacional**

Fuente: MINAM

| Rango de frecuencias | Intensidad de campo eléctrico (V/m) | Intensidad de campo magnético (A/m) | Densidad de Potencia (W/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| 9 – 150 KHz          | 87                                  | 5                                   | -  |
| 0.15 – 1 MHz         | 87                                  | 0.73/f                              | -  |
| 1-10 MHz             | 87/ f <sup>0.5</sup>                | 0.73/f                              | -  |
| 10-400 MHz           | 28                                  | 0.073                               | 2  |
| 400-2000 MHz         | 1.375 f <sup>0.5</sup>              | 0.0037 f <sup>0.5</sup>             | f / 200                                  |
| 2 – 300 GHz          | 61                                  | 0.16                                | 10                                       |

**Resolución Ministerial N° 613-2004-MTC-03 Aprueban norma técnica sobre protocolos de medición de radiaciones no ionizantes (2004)**

Establece los protocolos de medición de radiaciones no ionizantes a efectos de obtener una correcta cuantificación de emisiones de los servicios de telecomunicaciones.

El equipo con el que se realiza la medición del campo eléctrico se denomina un Analizador de Campo Electromagnético y deber calibrado y deben ser acreditados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

**Resolución Ministerial N° 120-2005-MTC-03 Aprueban norma técnica sobre restricciones radioeléctricas en áreas de uso público (2005)**

Se establecen restricciones en los niveles de intensidad de campo eléctrico y densidad de potencia por la operación de estaciones radioeléctricas de los servicios de telecomunicaciones.

Se aplica en la instalación en áreas cercanas a estaciones base cercana a colegios, hospitales, centro de salud y clínicas.

**Tabla N°5: Límite de Exposición en Áreas de Uso Público.**

Fuente: MINAM

| Rango de frecuencias | Intensidad de campo eléctrico | Densidad de Potencia |
|----------------------|-------------------------------|----------------------|
|                      | (V/m)                         | (W/m <sup>2</sup> )  |
| 9 – 150 KHz          | 61,5                          | -                    |
| 0.15 – 1 MHz         | 61,5                          | -                    |
| 1-10 MHz             | 61,5/f 0.5                    | -                    |
| 10-400 MHz           | 20                            | 1                    |
| 400-2000 MHz         | 0,972 f <sup>0.5</sup>        | f / 400              |
| 2 – 300 GHz          | 43,1                          | 5                    |

**Resolución Ministerial N° 186-2015 MINAM Modificar la "Primera Actualización del Listado de Inclusión de Proyectos de Inversión sujetos al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) (2015)**

Las Estaciones Base Celular son incluidas en el SEIA cuando cumplen las siguientes consideraciones:

- Que sus características no estén contempladas en las opciones de mimetización establecidas en el Decreto Supremo N° 004-20159-MTC
- Que se localicen dentro de Áreas Naturales Protegidas o en zonas de amortiguamiento o dentro de ecosistemas frágiles.
- Que el valor del cálculo teórico de Radiaciones No Ionizantes (RNI) de la infraestructura de telecomunicaciones supere el 50% del valor establecido como Límite Máximo Permissible de RNI en Telecomunicaciones para la exposición ocupacional o exposición poblacional.

- En sitios Rooftop; la relación de la altura construida y la altura de edificación no debe ser mayor a 1/2 y la estructura debe tener una altura máxima de 6.00m.
- En sitios Greenfield; la altura del soporte y antena en su conjunto supera los 30.00m y que se localicen dentro del área o expansión urbanas.

Cuando las Estaciones Base Celular no se incluyen en el SEIA se presenta al MTC un formato de ficha técnica de infraestructura de telecomunicaciones donde se especifica:

- Datos del Proyecto (ubicación, coordenadas)
- Descripción de la Infraestructura (tipo, altura, tecnología)
- Medidas de Prevención, Mitigación y/o Control Ambiental
- Cronograma de Ejecución.
- Declaración de cumplimiento de los estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes (RNI)
- Declaración Jurada indicando que el proyecto no está sujeto al SEIA

Con la ficha técnica presentada se dará por cumplido el requisito de contar con instrumento de gestión ambiental en los expedientes para la obtención de autorización para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones.

## **2.5 COMENTARIOS DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD SOBRE EXPOSICION A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.**

Se presenta un resumen de los comentarios más importantes de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014) con respecto a la exposición a los campos electromagnéticos y los posibles daños a la salud.

### **2.5.1 Efectos sobre la salud general**

Algunas personas le atribuyen un conjunto no muy claro de síntomas a la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad en el hogar. Estos síntomas incluyen dolores de cabeza, ansiedad, suicidios y depresiones, náuseas, fatiga, entre otros. Hasta la fecha, los experimentos científicos no han demostrado

la existencia de una relación entre estos síntomas y la exposición a campos electromagnéticos.

### **2.5.2 Efectos sobre el embarazo**

La OMS y otros organismos han evaluado diversas fuentes y exposiciones a campos electromagnéticos presentes en nuestro entorno cotidiano y de trabajo, como, por ejemplo, las pantallas de computadora, los colchones de agua y las mantas eléctricas, los equipos de soldadura por corrientes de radiofrecuencia, los equipos de diatermia, y los radares. El conjunto de los resultados demuestra que la exposición a los niveles típicos de los campos del medio no aumenta el riesgo de desenlaces adversos como abortos espontáneos, malformaciones, peso reducido al nacer y enfermedades congénitas. Se han publicado algunos informes esporádicos que asocian los problemas sanitarios y la presunta exposición a campos electromagnéticos, como informes sobre partos prematuros y con peso reducido de trabajadoras de la industria electrónica; sin embargo, la comunidad científica no ha considerado que estos efectos hayan sido necesariamente ocasionados por la exposición a campos electromagnéticos (

### **2.5.3 Efectos sobre la vista**

Se ha informado de casos de irritación ocular general y generación de cataratas en trabajadores que han estado expuestos a niveles altos de radiación de radiofrecuencia y microondas, pero los estudios realizados con animales no confirman que estos tipos de trastornos oculares se puedan producir a niveles que no son peligrosos por su efecto térmico. No existen pruebas de que se produzcan tales efectos a los niveles a los que está expuesta la población general.

### **2.5.4 Generación de cáncer**

Pese a los numerosos estudios realizados, aún continúan las controversias respecto a la existencia o no de los efectos cancerígenos. Si los campos electromagnéticos realmente producen algún efecto de aumento de riesgo de cáncer, el efecto será extremadamente pequeño. Hasta hoy existen muchas

contradicciones en los resultados obtenidos, pero no se han encontrado grandes incrementos del riesgo de ningún tipo de cáncer, ni en niños ni en adultos.

Algunos estudios epidemiológicos sugieren que existen pequeños incrementos del riesgo de leucemia infantil asociados a la exposición a campos magnéticos de baja frecuencia en el hogar; sin embargo, los científicos no han concluido de estos resultados que exista una relación causa-efecto entre la exposición a los campos electromagnéticos y la enfermedad, sino que se ha planteado la presencia en los estudios de efectos artificiosos o no relacionados con la exposición a campos electromagnéticos. Tal conclusión se ha obtenido, en parte, porque los estudios con animales y de laboratorio no demuestran que existan efectos reproducibles coherentes con la hipótesis de que los campos electromagnéticos causen o fomenten el cáncer.

### **2.5.5 Hipersensibilidad a los campos electromagnéticos y depresión**

Algunas personas han afirmado ser "hipersensibles" a los campos eléctricos o magnéticos y manifiestan si los dolores, cefaleas, depresión, letargo, alteraciones del sueño e incluso convulsiones y crisis epilépticas podrían estar asociados con la exposición a los campos electromagnéticos.

Actualmente existe muy poca evidencia científica que apoye la posible existencia de casos de hipersensibilidad a los campos electromagnéticos. Recientes estudios llevados a cabo en países escandinavos han comprobado que, en condiciones adecuadamente controladas de exposición a campos electromagnéticos, no se observan pautas de reacción coherentes en los individuos expuestos. Tampoco existe algún mecanismo biológico aceptado que explique la hipersensibilidad. La investigación en este campo es difícil porque, además de los efectos directos de los propios campos electromagnéticos, pueden intervenir muchas otras respuestas subjetivas. Este tema aún continúa en estudio.

### **2.5.6 Objetivos de las investigaciones actuales y futuras**

Con respecto a la relación entre los campos electromagnéticos y el cáncer, en la actualidad se siguen realizando investigaciones y estudios que buscan posibles efectos cancerígenos. Otros estudios e investigaciones actuales están dirigidos a

encontrar posibles efectos sobre la salud, a largo plazo, originados por el uso de teléfonos móviles. No se ha descubierto ningún efecto perjudicial manifiesto de la exposición a niveles bajos de campos de radiofrecuencia; sin embargo, debido a la preocupación de la sociedad por la seguridad de los teléfonos celulares, se vienen realizando investigaciones adicionales que intentan determinar si podrían producirse efectos menos evidentes a niveles de exposición muy bajos.

### 2.5.7 Puntos relevantes

- Existe una amplia gama de influencias por parte del medio que producen efectos biológicos. La expresión “efecto biológico” no es equivalente a “peligro para la salud”.
- A bajas frecuencias, los campos eléctricos y magnéticos exteriores inducen pequeñas corrientes circulantes en el interior del organismo. En casi todos los medios normales, las corrientes inducidas en el interior del organismo son demasiado pequeñas como para producir efectos manifiestos.
- El principal efecto de los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es el calentamiento de los tejidos del organismo.
- No cabe duda de que la exposición, a corto plazo, a campos electromagnéticos muy intensos puede ser perjudicial para la salud. La preocupación actual de la sociedad se centra en los posibles efectos sobre la salud, a largo plazo, de la exposición a campos electromagnéticos de intensidades inferiores a las necesarias para desencadenar respuestas biológicas inmediatas.
- La OMS inició un proyecto denominado “Proyecto Internacional CEM” cuyo objetivo es responder con rigor científico y de forma objetiva a las preocupaciones de la sociedad por los posibles peligros de los campos electromagnéticos de baja intensidad. Pese a las muchas investigaciones realizadas, hasta la fecha no existen pruebas que permitan concluir que la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad es perjudicial para la salud de las personas.

## **CAPITULO III: ESTACIONES BASE CELULAR.**

### **3.1. COMPONENTES DE UNA ESTACION BASE CELULAR.**

Una estación base Celular consta de los siguientes componentes:

- Equipamiento de radio: Para las tecnologías 2G, 3G, 4G reciben diversas denominaciones como, BTS, Nodo B y eNodo, respectivamente.
- Equipamiento de enlace: Los enlaces en una estación base pueden ser de tipo antena microondas, antena satelital o fibra óptica.
- Antenas: Dispositivo que reciben y emiten ondas electromagnéticas usando las bandas del espectro radioeléctrico. Hay antenas para los servicios móviles (RF Radiofrecuencia) y antenas para los enlaces (MW microondas), no disponible en todas las EBC
- Equipos de respaldo: Banco de baterías, Sistema de respaldo, paneles solares, etc. Tiene como función mantener en operación la estación ante una falla o corte eléctrico
- Torre de telecomunicaciones: Estructura que soporta las antenas y accesorios. Las torres más utilizadas son los tipos de celosía, Monopolo y mástiles.
- Sistema de Energía: Sistema que suministra energía eléctrica para el funcionamiento y operación de los equipos de telecomunicaciones, está compuesto por el medidor eléctrico, tablero eléctrico, conexiones, etc.
- Sistema de Puesta a Tierra: Sistema que protege a los equipos de telecomunicaciones de las descargas eléctricas, está compuesto por pozos a tierra, conexiones, barras borneras, pararrayos, etc.
- Mimetizado: Estructura de material polímero que tiene como función mimetizar las antenas y equipos en zonas urbanas.

- Losa o plataforma de equipos; Estructura física donde se instalarán los equipos de radio y respaldo. Pueden ser losa de concreto armado o plataforma metálicas
- Carpintería metálica.. Escalerillas metálicas de recorrido del cableado Cobertura metálica de protección de equipos y tablero eléctrico. Escalera de gato y barandas para sitios instalados en de edificación existente.
- Cerco perimétrico: Tienen como función proteger los equipos de la estación base celular. Pueden ser de diferentes materiales; albañilería,concreto armado, planchas metálicas, drywall o polímero

### 3.2. TIPOS DE ESTACIONES BASE CELULAR

Las Estaciones Base Celular se clasifican principalmente según el nivel con respecto al suelo en el que se instala. Pueden ser tipo Rooftop o tipo Greenfield.

#### 3.2.1. Estación Base Celular Tipo Rooftop

Cuando la estación base se instala a nivel de una azotea de una edificación. Toda estación tipo Rooftop tiene que ser mimetizada, por lo que ningún equipo ni antena deben ser visibles al exterior. La altura máxima de la estación debe ser 6.00m medido desde la base de la azotea y además cumplir que la relación máxima de la altura de la edificación con la altura de la estación sea de 1 a 2. Ver Fig.Nº11

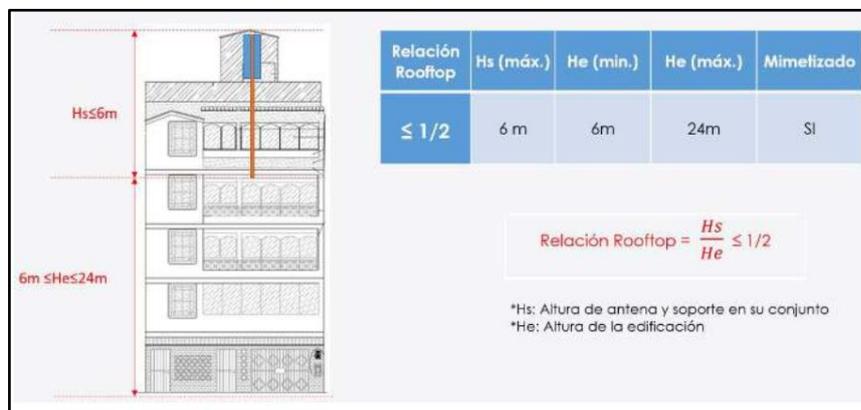


Fig. Nº11: Relación de alturas para mimetizado tipo Rooftop  
Fuente: MTC



**Fig. N° 12: Estación Base Celular Tipo Rooftop - Vista Exterior**  
Fuente: propia



**Fig. N° 13: Estación Base Celular Tipo Rooftop - Vista Interior**  
Fuente: propia

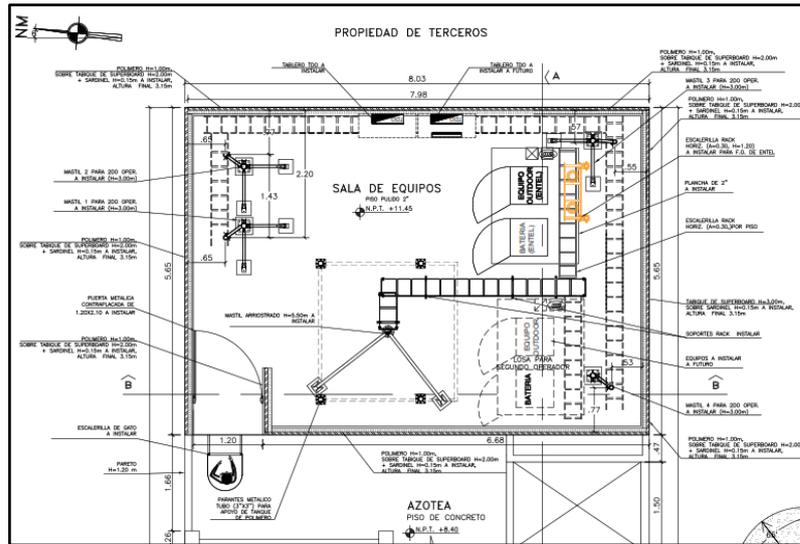


Fig. N°14: Plano de Planta Model Estación Base Celular Tipo Rooftop  
Fuente: propia

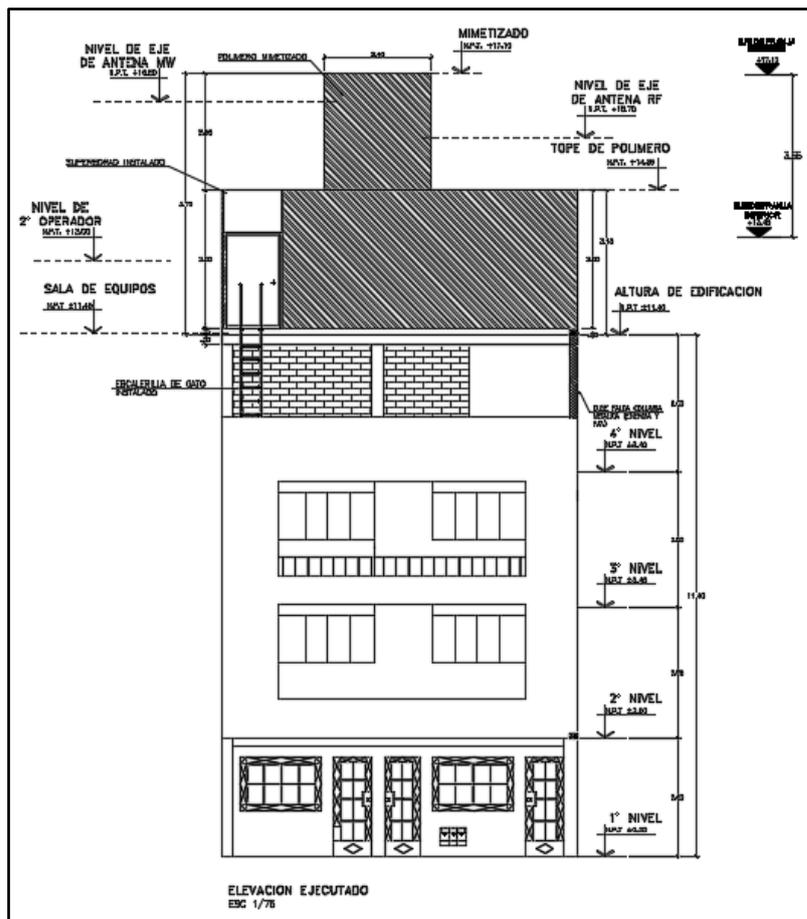


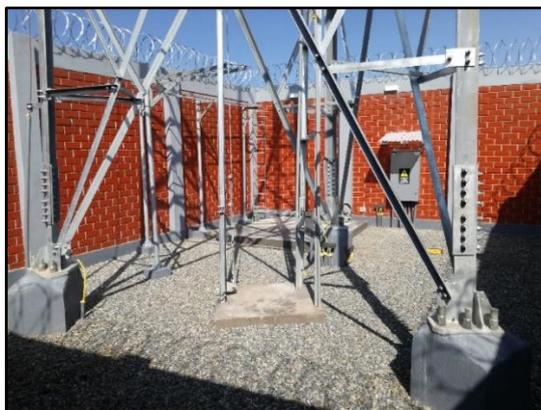
Fig. N° 15 Plano de Elevación Model - Estación Base Celular Tipo Rooftop  
Fuente: propia

### 3.2.2. Estación Base Celular Tipo Greenfield

Se denomina cuando la estación base se instala a nivel de terreno. Según la normativa vigente, en zonas urbanas las torres pueden ser de una altura máxima de 30.00m y las antenas tienen que ser mimetizadas. En zonas rurales no hay límite de altura y no requieren ser mimetizadas.



**Fig.N°16: Estación Base Celular Tipo Greenfield - Vista Exterior**  
Fuente: Propia



**Fig.N°17: Estación Base Celular Tipo Greenfield - Vista Interior**  
Fuente: Propia

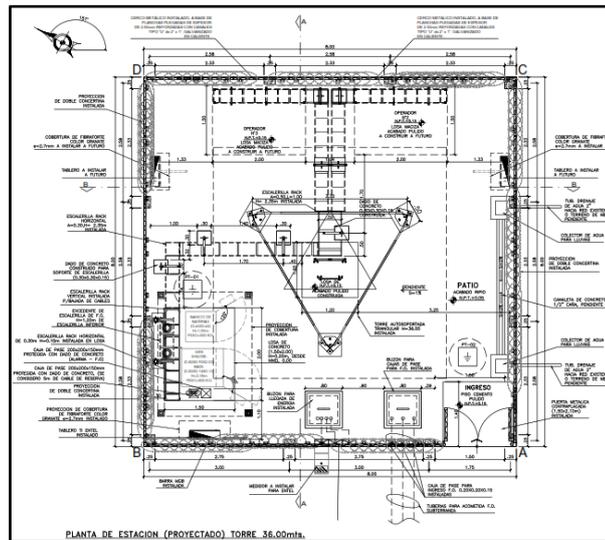


Fig. N°18: Plano de Planta Model Estación Base Celular Tipo Greenfield  
Fuente: Propia

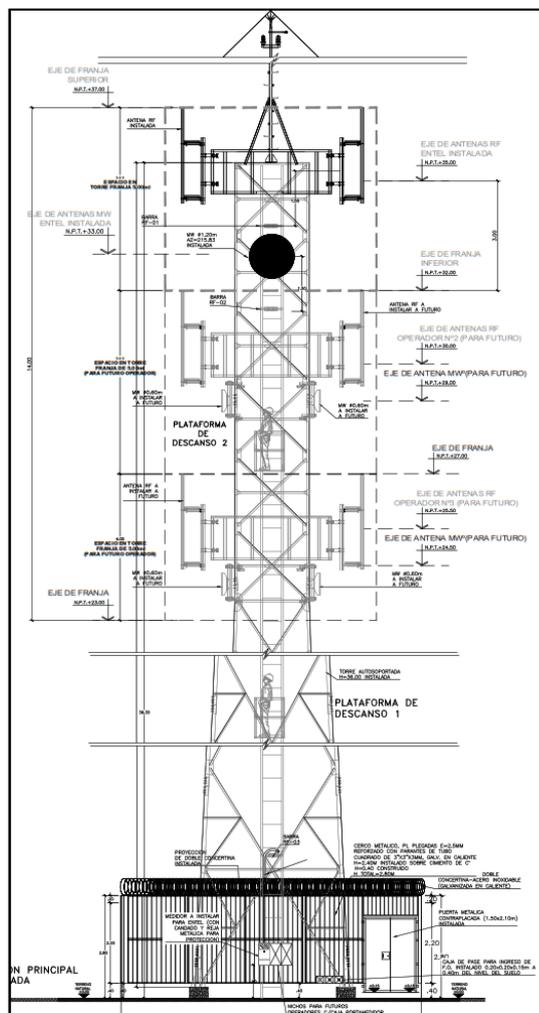


Fig. N°19: Plano de Elevación Model Estación Base Celular Tipo Greenfield  
Fuente: propia

### 3.3. TIPO DE TORRES EN ESTACIONES BASE CELULAR.

En los sitios Greenfield las torres más utilizadas son los tipos Autosoportada de celosía y Monopolos. En los sitios Rooftop se utilizan los mástiles arriostrados.

#### 3.3.1. Mástil Arriostrado

Los mástiles arriostrados son tubos de acero galvanizado que se soportan con arriostres tubulares. La base del mástil y del arriostre pueden ser anclados a un pedestal de concreto o conectado a una plataforma metálica. La altura del mástil más el pedestal deben ser como máximo 6.00m.

##### ***Componentes de un Mástil Arriostrado:***

**Mástil:** Tubos de acero galvanizado SCH40 de 4". Según la altura se puede utilizar 02 cuerpos de mástil conectados mediante bridas metálicas. La base del mástil tiene soldada una plancha metálica para que se emperne con los anclajes al pedestal o plataforma metálica.

**Arriostres:** Tubos de acero galvanizado SCH40 de 2 ½" que se conecta al mástil. La base del arriostre tiene soldada una plancha metálica para que se emperne con los anclajes al pedestal o plataforma.

**Soportes para Antenas Tipo RF:** Tubos de acero galvanizado SCH40 de 2 ½" y de longitud 3.00m, se instala al mástil principal mediante con brazos angulares instalados en una brida empernada tipo roseta que permite orientar el soporte al azimut requerido.

**Soportes para Antenas Tipo MW:** Tubos de acero galvanizado SCH40 de 4" y de longitud 1.00m. Se instala al mástil principal mediante brazos angulares instalados en una brida empernada tipo roseta que permite orientar el soporte.

**Pasos peatonales:** Varillas lisas galvanizadas de  $\varnothing$  5/8" conectados mediante pernos al mástil principal. Tiene como función principal el paso peatonal del personal de operación.

Pasos para bajada de cables: Ángulos galvanizados de 2"x2" conectados mediante Ubolt al mástil principal. Tiene como función principal alinear la bajada de cables, también se utilizan para instalar las barras borneras de aterramiento.



**Fig. N°20: Mástil Arriostrado Vista Superior**  
Fuente: propia



**Fig.N°21: Mástil Arriostrado Vista Inferior**  
Fuente: propia

### 3.3.2. Torre Autosoportada

Las torres autosoportadas son estructuras de celosía de acero conectadas mediante pernos y tiene como característica que soportan su propio peso y sus cargas que se transmiten directamente a la cimentación.

Se utilizan solo en zonas rurales y su base puede ser de forma triangular o cuadrada desarrollando su altura de manera piramidal. Se utilizan usualmente alturas de 36, 42, 48, 60, 72 y 90m distribuidos en paneles o módulos.

#### **Componentes de una Torre Autosoportada**

Estructura principal; Conformada por módulos que se componen de montantes, diagonales, horizontales, redundantes diagonales y horizontales, escuadras, techo y empalmes

Soportes para antenas RF: Los tubos de acero galvanizado de 2 ½" y de una longitud de 3.00m. Se instalan en una estructura circular tipo roldana que está conectada con los montantes de la torre.



**Fig. N° 22: Soporte para Antena RF.**  
Fuente: propia

Soportes para antenas MW: El diseño del soporte a instalar depende al diámetro de la antena. Si la antena es menor a 1.20m de diámetro se instalan los soportes

orientados y conectados en un montante. Si la antena es mayor a 1.20m de diámetro se utilizan soportes orientados y conectado a dos montantes. El tubo es de diámetro de 4" y su longitud depende del diámetro de la antena.



**Fig. N° 23: Soporte para antena MW**  
Fuente: propia

Plataforma de trabajo y/o descanso: Tiene como finalidad facilitar los trabajos a realizar en la torre. La plataforma de trabajo debe instalarse en la altura de los soportes de antenas y deben cubrir todo el ancho de la torre. Las plataformas de descanso se instalan en alturas intermedias y tiene un tamaño menor ya que tiene como función el descanso o pausa del trabajador al subir o bajar la torre.

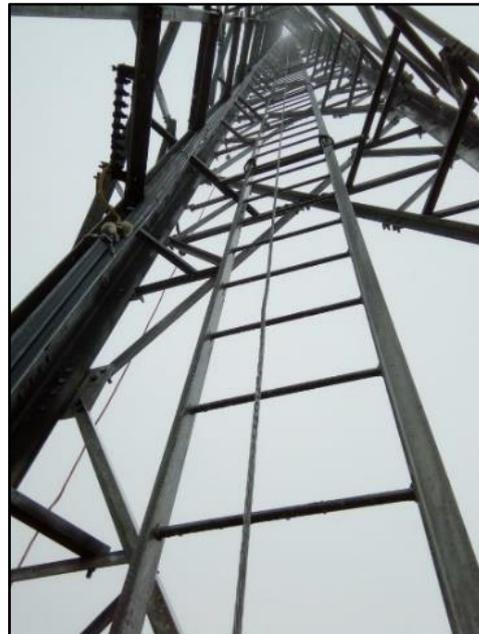


**Fig. N° 24: Plataforma de Trabajo**  
Fuente: propia



**Fig. N° 25: Plataforma de descanso**  
Fuente: propia

Escalera Peatonal o de acceso: Son escaleras fijas que se encuentran verticalmente a lo largo de la torre y permiten el acceso a cualquier altura de la torre. Están compuestos por peldaños de barras lisas instaladas cada 30cm.



**Fig. N° 26: Escalera Peatonal de acceso.**  
Fuente: propia

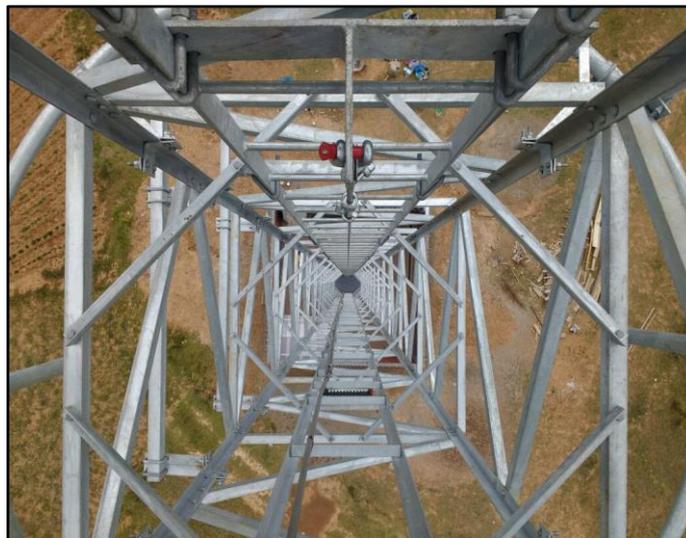
Escalera Rack Vertical. Son escaleras tipo rack que permiten el guiado de cables en toda la altura de la torre.

Sistema de seguridad. Línea de vida instalada a lo largo de la torre, tiene como función principal asegurar la subida y bajada de la torre y prevenir accidentes ante posibles caídas.

Soporte de Pararrayo, mástil arriostrado instalado en la parte superior de la estructura principal de la torre con la finalidad de poder instalar el pararrayo a una altura superior



**Fig. N° 27: Escalera Rack**  
Fuente: propia



**Fig. N° 28: Sistema de Seguridad Línea de Vida.**  
Fuente: propia

### 3.3.3. Torre Monopolo

Las torres tipo Monopolo son postes cónicos huecos contruidos de acero galvanizado. Se fabrican en módulos y se instalan mediante bridas de conexión. Estas torres se utilizan en zonas urbanas y según la normativa vigente se puede instalar una altura máxima 30m y requieren ser mimetizadas.



**Fig. N° 29: Torre Monopolo**  
Fuente: propia

#### ***Componentes de Torre Monopolo.***

Estructura principal, conformada por los módulos cónicos, usualmente de longitud 6 m, tiene en sus extremos soldados bridas de conexión. Según el diseño estructural, el diámetro de los módulos va disminuyendo según su altura.

Soportes para antenas RF: Los tubos del soporte de 2 1/2" y de 3.00m de longitud se instalan en una roseta conectada al Monopolo que permite orientar el soporte.  
Soporte para antenas MW: El tubo del soporte de 4" y de longitud 1.00m se instala mediante una abrazadera a la estructura del Monopolo.

Escalera Peatonal o de acceso: Son escaleras fijas que se encuentran verticalmente a lo largo de la torre y permiten el acceso a cualquier altura de la torre. Están compuestos por peldaños de barras lisas soldados exteriormente a la estructura del Monopolo.

Escalera Rack Vertical. Son platinas soldadas interiormente de la estructura del Monopolo que permite el guiado de cables.

Sistema de seguridad. Línea de vida instalada a lo largo de la torre, tiene como función principal asegurar la subida y bajada de la torre y prevenir accidentes ante posibles caídas.

Soporte de Pararrayo, mástil arriostrado instalado en la parte superior de la estructura principal del Monopolo con la finalidad de poder instalar el pararrayo a una altura superior.

Ventanas de registro. Son ventanas distribuidas a lo largo del Monopolo con la finalidad de poder realizar trabajos o inspecciones de la bajada de cables.



**Fig. N° 30: Monopolo Vista Superior**  
Fuente: propia

### **3.4. TIPO DE MIMETIZADOS EN ESTACIONES BASE CELULAR.**

La norma vigente determina que las antenas y la infraestructura de las estaciones base celular construidas en zonas urbanas deben ser mimetizadas a fin de minimizar el impacto visual de su entorno.

Para mimetizar las antenas se utilizan un material polímero de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) que garantice una mínima atenuación de la señal radioeléctrica. Debido a las características de su operación las antenas MW requieren una línea de vista directa y libre de obstáculo por lo que se permite no mimetizar la antena microondas en caso el diámetro no sea mayor a 0.60m

En el caso de sitios tipos Rooftop se debe mimetizar toda la altura de la estación. Las zonas donde la antena no proyecte la señal radioeléctrica pueden mimetizarse con un material estándar de cerco perimétrico tipo drywall. Los mimetizados de antenas más utilizados son los tipos tanque de agua y fachada.

En el caso de sitios tipo Greenfield se deben mimetizar las antenas. Los equipos instalados en nivel de piso se encuentran mimetizados por el cerco perimétrico y el cableado se mimetiza instalándolo interiormente en estructuras tipo Monopolo.

#### **3.4.1. Mimetizado Tipo Tanque de Agua**

Tiene la forma de un tanque de agua, hueco superior e inferior. Según la norma establece una altura máxima de 3 metros y un diámetro máximo de 2.5metros, la parte superior del tanque o tapa debe contar con una abertura mínima de 8" de diámetro para garantizar una adecuada ventilación.

El tanque esta soportado en unos parantes metálicos anclados al nivel base de la azotea. Toda antena y accesorio debe quedar cubierta en su totalidad por la estructura tipo tanque.



**Fig. N° 31: Mimetizado Tipo Tanque de agua- Vista Exterior**  
Fuente: propia

### 3.4.2. Mimetizado Tipo Fachada

Se forma de planchas rectangulares de 1.80x3.00m con un acabado exterior que debe guardar armonía con la arquitectura de la edificación en lo relacionado a la forma, color y textura.

La norma establece una altura máxima de 06 metros. Se utilizan en dos niveles, uno al nivel cerco perimétrico y el otro al nivel del soporte de antenas.



**Fig. N° 32: Mimetizado Tipo Fachada – Vista Exterior**  
Fuente: propia



**Fig. N° 33: Mimetizado Tipo Fachada – Vista Interior**  
Fuente: propia

### 3.4.3. Mimetizado Tipo Radomo

Los Radomo son de forma cilíndrica y apersianados. La norma permite una altura máxima de 4 metros y un diámetro máximo de 3 metros.

En sitios públicos la norma te permite poder instalar este tipo de infraestructura en vías principales, vías de evitamiento, carreteras y playas.



**Fig. N° 34: Mimetizado Tipo Radomo**  
Fuente: propia

### 3.4.4. Mimetizado Tipo Árbol.

La mimetización tipo árbol se utiliza para sitios Greenfield urbanos tipo públicos que se localizan en plazas, parques o áreas con presencia de flora.

La mimetización tipo árbol está compuesta principalmente por; tronco de la rama, hojas que conforman el follaje y la base de la rama. Adicional a ello, el Monopolo o poste se debe pintar de color marrón tipo tronco de árbol.

La relación mínima de alturas de la copa del árbol y la torre es de 1 a 3, la altura mínima de ramas de árboles debe ser de 10m.

La mimetización tipo árbol debe ser de acuerdo con la flora existente en armonía con su entorno y no se considera una limitación la altura de los árboles existentes.



**Fig. N° 35: Mimetizado Tipo Árbol**  
Fuente: Proycon

### 3.5. CICLO DE VIDA DE UNA ESTACION BASE CELULAR.

El ciclo de vida de la infraestructura de una estación base celular se desarrolla según el siguiente esquema:

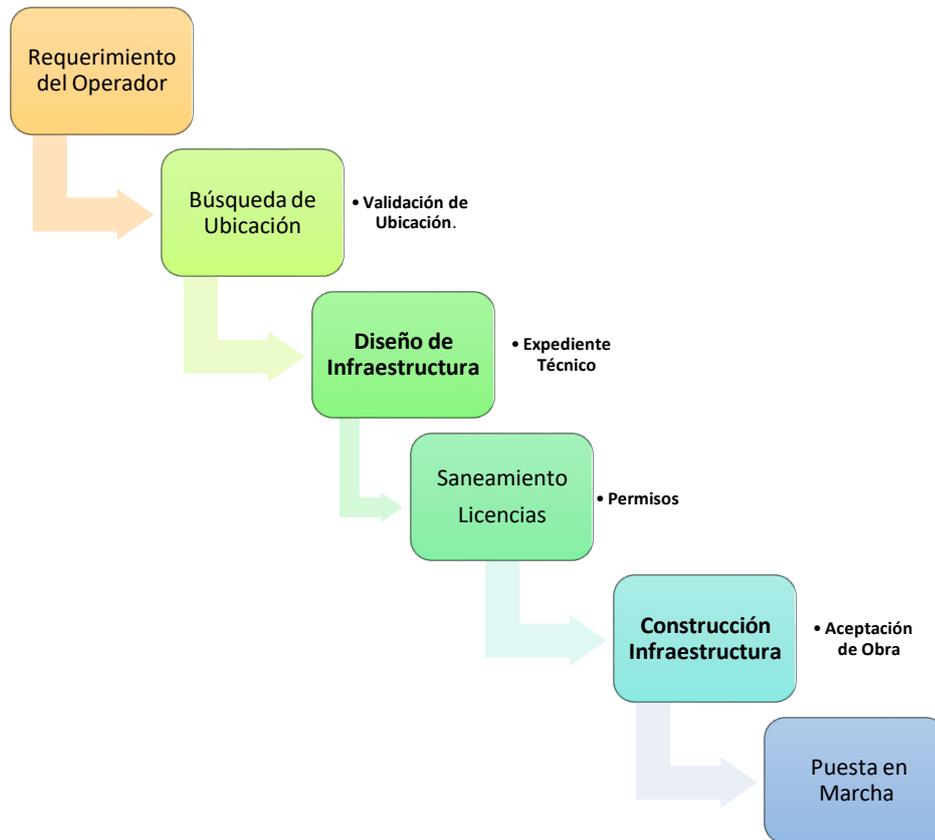


Fig. N° 36: Proceso de Implementación de una Estación Base Celular  
Fuente: Propia

#### 3.5.1. Requerimiento del Operador.

El Ciclo de vida de una estación base celular inicia con el requerimiento del Operador de Telecomunicaciones en colocar sus equipos y antenas para dar cobertura o mejorar su servicio móvil en una determinada área geográfica.

Los datos técnicos que el Operador debe proporcionar al proveedor de infraestructuras son los siguientes:

- Coordenadas geográficas del punto 0 de búsqueda.

- Radio de búsqueda en relación con el punto 0.
- Altura y azimut del eje de antenas RF.
- Tipo de enlace (antena MW o fibra óptica)
- Altura y azimut del eje de antenas MW (en caso aplique)
- Especificaciones técnicas de las antenas solicitadas.
- Datos de la Estación Base Celular Enlace
- Área mínima requerida en piso.

### 3.5.2. Búsqueda de Ubicación

Con el requerimiento del operador, se procede a realizar un trabajo en campo que consiste en buscar un área o localización que cumpla los requerimientos técnicos-legales para construir una estación base celular. El proceso de búsqueda tiene como entregable un reporte de anillo de búsqueda denominado RAB y contiene la siguiente información:

- Coordenadas y ubicación del punto propuesto
- Propuesta del tipo de Estación Base Celular (Greenfield o Rooftop).
- Propuesta del tipo de Torre (Monopolo, torre Autosoportada, mástil)
- Propuesta del tipo mimetizado para las antenas, en caso aplique.
- Levantamiento de los vértices del área propuesto a implementar.
- Levantamiento fotográfico a nivel de piso del área proyectada y 360° a la altura proyectada mediante dron profesional.
- Levantamiento fotográfico de la infraestructura existente.
- Solución de Energía. Se debe proponer el sistema para energizar la estación base. En zonas urbanas las soluciones más frecuentes son: medidor Electrico monofásico en el predio existente o una extensión de baja tensión. En zonas rurales se puede presentar un sistema de utilización de media tensión.
- Verificación de los permisos especiales que se requerirán para la construcción de la estación. (PMA, CIRA, DGAC, etc.)
- Verificar el estatus legal del predio o zona donde se instalará la estación

Este reporte se presenta al operador para su revisión y validación.

### **3.5.3. Diseño de Infraestructura**

Para el diseño de infraestructura se realizará previamente los siguientes estudios:

- Estudio de Mecánica de Suelos (Sitios Greenfield)
- Evaluación Estructural de Edificación (Sitios Rooftop)
- Estudio de resistividad del Terreno.

Con la información obtenida de los estudios previos se procede con el diseño y cálculo de los siguientes elementos:

- Diseño de Torre
- Diseño de Cimentación (Sitios Greenfield)
- Diseño de Reforzamiento de edificación (Sitios Rooftop)
- Diseño de Sistema de Puesta a tierra.

Con los diseños, estudios y requerimientos del operador se procede a la elaboración del expediente técnico de construcción.

Los criterios y procedimiento del diseño se desarrollarán en el capítulo IV: "Criterios de Diseño e Ingeniería"

### **3.5.4. Saneamiento – Licencias.**

El proceso de saneamiento y licencias tiene como objetivo dar validez legal a la ubicación donde se construirá la estación base, obtener los permisos especiales requeridos y obtener la licencia de construcción para el inicio de Obra.

Para sitios privados, se verificará el saneamiento físico legal para gestionar el arrendamiento o compra venta del área o terreno.

Para sitios públicos, el área a disponer es a título gratuito cumpliendo los requerimientos solicitados en la norma vigente.

Según la ubicación geográfica de la estación base se puede requerir gestionar permisos especiales previos a la licencia de construcción, los más usuales son:

***Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA)***

Documento mediante el cual el Estado, por intermedio del Ministerio de Cultura, certifica que en el área a implementar no existen vestigios arqueológicos en superficie. Aplica para sitios Greenfield rurales sean públicos o privados.

***Plan de Monitoreo Arqueológico (PMA)***

Intervención arqueológica destinada a implementar medidas para prevenir los posibles impactos negativos sobre vestigios arqueológicos que se puedan encontrar durante la ejecución de los movimientos de tierra. Emitido el CIRA se debe solicitar autorización para realizar el PMA. La supervisión estará a cargo de un arqueólogo designado que supervisará la etapa de movimientos de tierra. Aplica para sitios Greenfield Rurales y Urbanos públicos

***Permiso de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC)***

Si la estación base celular se ubica cercano a los aeropuertos o aeródromos se debe verificar si están bajo las Superficies Limitadoras de Obstáculos (SLO) que por su altura y ubicación podrían comprometer la seguridad, regularidad y eficiencia de las operaciones aéreas. En este caso se debe contar con la autorización de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC); conforme a lo establecido por Ley N° 27261 “Ley de Aeronáutica Civil del Perú”.

Cuando se obtiene los permisos especiales, el saneamiento físico legal del predio y el expediente técnico de construcción se procede con la presentación del expediente de licencia.

La obtención de la licencia de construcción está regulada por la Ley 29022 Ley para el fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones mediante la modalidad autorización automática y se debe gestionar en la municipalidad distrital correspondiente. Al ingresar el expediente a la municipalidad y no tener ninguna observación de los requisitos, el cargo de ingreso FUIIT (Formulario Único de Instalación de Infraestructura) tiene equivalencia legal a una licencia de construcción.

### **3.5.5. Construcción Infraestructura**

Luego de obtenida la licencia de construcción, se autoriza el Inicio de ejecución de Obras. Las partidas constructivas más convencionales son las siguientes:

- Obras Preliminares: Entrega de terreno, trazo y replanteo.
- Movimiento de tierras: Excavación, relleno y compactación.
- Concreto Simple: Vaciado de Solado, Cimiento corrido
- Concreto armado: Zapatas, platea de cimentación, pedestales, columnas.
- Estructuras Metálicas: Montaje de torre y accesorios.
- Cerco perimétrico. Muro de Albañilería, Muro de Drywall.
- Instalaciones Eléctricas: Tablero eléctrico, conexiones eléctricas.
- Sistema de Puesta a Tierra: Pozos a tierra, conexiones, pararrayo.

Luego de concluir la obra se procede con la aceptación de obra por parte del operador en la cual se verifica que se cumpla las especificaciones solicitadas. Con la validación de la aceptación se inicia el proceso de implementación de equipos.

El detalle y especificaciones del proceso constructivo se desarrollarán en el capítulo V: “Metodología Constructiva”

### **3.5.6. Puesta en Marcha**

El operador de telefonía procede a la instalación y pruebas de los equipos de radio (BTS, nodo, eNodo), antenas (RF Radiofrecuencia, RRU unidades remota de radio) y enlaces (antena MW microondas, fibra óptica o antena satelital).

Con la validación de las pruebas se procede a la puesta al aire de la estación base.

## CAPITULO IV: CRITERIOS DE DISEÑO E INGENIERIA.

### 4.1. DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA.

En el siguiente esquema se presenta el proceso para el diseño de una infraestructura de una estación base celular.

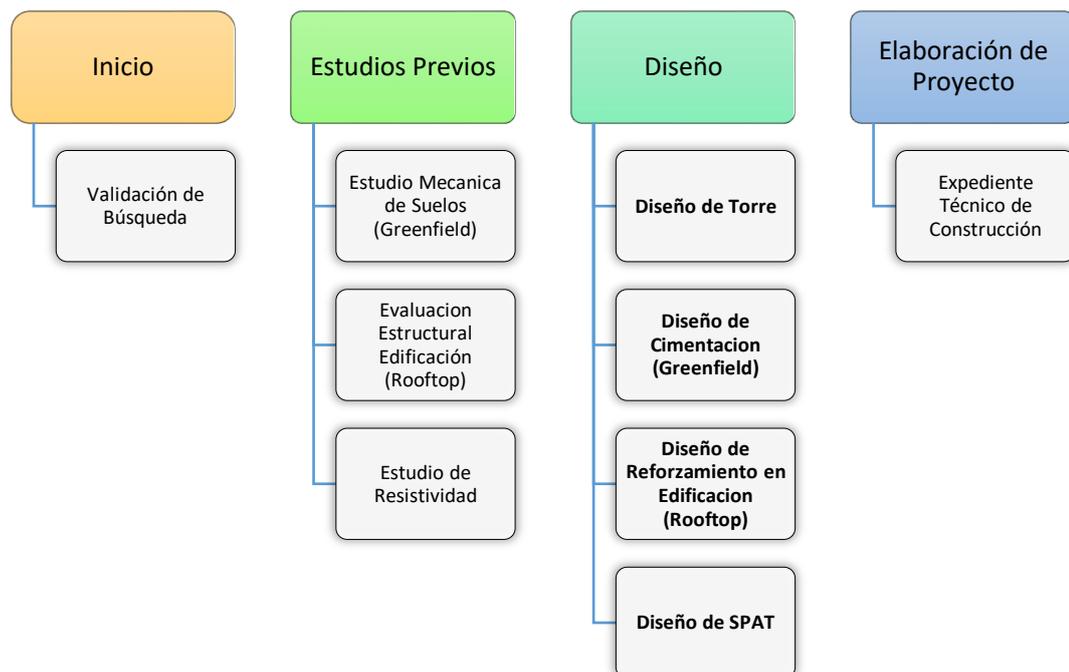


Fig. N° 37: Proceso de Diseño de Infraestructura Estación Base Celular  
Fuente: Propia

### 4.2. DISEÑO DE TORRE

#### 4.2.1. Generalidades

Estos Criterios de diseño son extensivos a todo el ciclo de vida de la torre: Diseño, cálculo, fabricación, cimentación, montaje, pruebas, inspección y mantenimiento.

#### 4.2.2. Normas de Diseño.

Para el diseño y fabricación de la estructura nos basamos en las siguientes Normas y Códigos nacionales e internacionales

- TIA/EIA 222 – G “Structural Standards for steel antenna towers and antenna supporting structures”
- AISC: Specification for structural steel buildings
- ASTM. Norma para especificaciones y pruebas de materiales.
- AWS. Norma para especificaciones y pruebas de soldaduras.
- Norma técnica peruana E020 Cargas
- Norma técnica peruana E030 Diseño sismo resistente.
- Norma técnica peruana E090 Estructuras metálicas.

#### **4.2.3. Programa (Software) de diseño:**

Las torres se pueden diseñar bajo los parámetros del programa MStower, el cual es un Software desarrollado por la empresa Bentley Systems.

#### **4.2.4. Documentos de Referencia.**

- RAB, Reporte de Anillo de Búsqueda.
- Anteproyecto (Planos de Arquitectura, memorias descriptivas)

#### **4.2.5. Cargas de diseño**

##### ***Cargas Muertas (D)***

Carga debido al peso propio de la estructura (Peso de los elementos estructurales y los pernos de conexión) y accesorios (Peso de antenas, soporte de antenas, plataformas, escaleras, cables, etc.)

Para el caso de sitios Rooftop, debido a la limitación de altura de la estructura de soporte que debe ser menor a 6.00m, solo se podrá considerar cargas de antenas proyectadas para un operador. Se puede proyectar instalar un segundo operador en mástiles distribuidos de menor altura en los extremos del área de la estación.

Para el caso de sitios Greenfield urbano, debido a la limitación de altura de la estructura que debe ser menor a 30.00m y además que las franjas verticales solicitados por los operadores de telefonía son mínimo 4.00m, se considera

proyectar la carga de dos operadores teniendo como franja máxima, primer operador 30-26m y segundo operador 26-22m. No se considera una franja menor debido a que no es una altura comercial para un tercer operador.

Para el caso de sitios Greenfield rurales, no se tiene una limitación de altura por lo que se proyecta la carga en el diseño la carga de 03 operadores.

### **Cargas de Viento: (W)**

Para definir las cargas del viento se presentará un resumen de los parámetros establecidos en la norma TIA/EIA 222 – G “Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures” (Rivera, 2015) y (Arias, 2019)

Para el cálculo de las cargas de viento, primero se determina la velocidad del viento de la zona donde operará la estructura. Este valor se puede determinar del mapa eólico del Perú que se encuentra como anexo a la norma técnica E020 (ver Fig. N°39). La velocidad básica del viento corresponde a la velocidad del viento a 10m sobre el nivel del suelo para un periodo de retorno de 50 años.

En donde las isotacas son menores a 100, se considera una velocidad de diseño de 100km/h y una velocidad de operación de 75km/h

La fuerza de viento de diseño incluye las fuerzas del viento de horizontales aplicadas a la estructura más la fuerza del viento de diseño en los accesorios. (Antenas, soportes, escaleras, cables, etc.). Se asume que todos los accesorios permanecen unidos a la estructura.

Para determinar las fuerzas del viento se definirán los parámetros de diseño que dependen de la característica de la estructura y el área donde se instalarán.

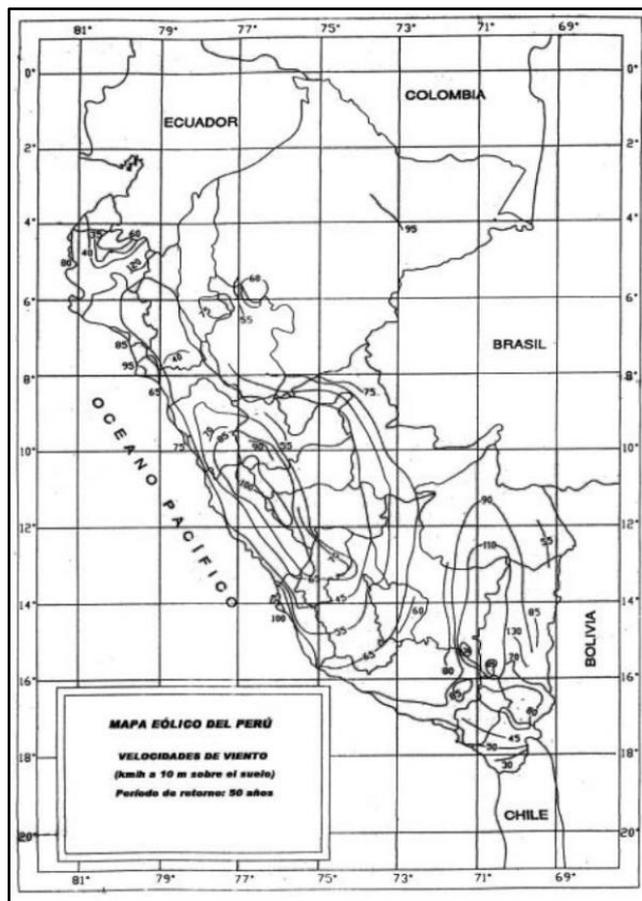
La fuerza del viento de diseño se define,  $F_W$ , se determina:

$$F_W = F_{ST} + F_{AT}$$

Donde:

$F_{ST}$  = Fuerza del viento de diseño sobre la estructura.

$F_{AT}$  = Fuerza del viento de diseño sobre los accesorios



**Fig. N° 38: Mapa Eólico del Perú**  
Fuente: Norma E020 -RNE

*Clasificación de la estructura y Factor de Importancia.*

**Tabla N°6: Clasificación de la estructura.**  
Fuente: (ANSI/TIA 222-G) Extracto

| Descripción de la Estructura  | Clase |
|---|-------|
| Estructuras que, debido a la altura, el uso o la ubicación representan un bajo riesgo para la vida humana y daños a la propiedad en caso de falla y / o se utilizan para servicios que son opcionales y / o donde sería aceptable un retraso en la devolución de los servicios. | I     |
| Estructuras que debido a la altura, uso o ubicación representan un peligro importante para la vida humana y / o daños a la propiedad en caso de falla y / o utilizado para servicios que pueden ser provistos por otros medios  | II    |
| Estructuras que debido a la altura, uso o ubicación representan un alto riesgo para la vida humana y / o daños a la propiedad en caso de falla y / o utilizado principalmente para comunicaciones esenciales.   | III   |

**Tabla N°7: Factor de Importancia (I)**

Fuente: (ANSI/TIA 222-G) Extracto

| Clasificación de la Estructura | Carga de viento sin hielo | Sismo |
|--------------------------------|---------------------------|-------|
| I                              | 0.87                      | NA    |
| II                             | 1.00                      | 1.00  |
| III                            | 1.15                      | 1.50  |

**Categoría Topográfica.**

Categoría 1: Sin cambios bruscos en topografía general. Terrenos planos.

Categoría 2: Ubicado en la cresta o cerca de una pendiente. Se debe considerar el efecto acelerador del viento. Si se encuentra en la mitad inferior se considera categoría 1.

Categoría 3: Ubicado en la mitad superior de un cerro o una colina. Se debe considerar el efecto acelerador del viento. Si se encuentra en la mitad inferior se considera categoría 1

Categoría 4: Ubicado en la mitad superior en formaciones de colinas o lomas onduladas de baja altura. Se debe considerar el efecto acelerador del viento. Si se encuentra en la mitad inferior se considera categoría 1

**Tabla N°8: Categoría Topográfica**

Fuente: (ANSI/TIA 222-G) Extracto

| Categoría Topográfica | $K_t$ | f    |
|-----------------------|-------|------|
| 2                     | 0.43  | 1.25 |
| 3                     | 0.53  | 2.00 |
| 4                     | 0.72  | 1.50 |

### *Categorías de Exposición.*

Exposición B: Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas u otros terrenos con numerosas obstrucciones del tamaño, iguales o mayores al de una vivienda unifamiliar y con poca separación entre ellas

Exposición C: Terreno abierto con pocas obstrucciones y con alturas inferiores a 9.0 m. Esta categoría incluye campos planos abiertos y praderas

Exposición D: Franjas costeras planas y sin obstáculos expuestos a vientos provenientes de aguas abiertas.

**Tabla N°9: Coeficiente de Categoría de Exposición**

Fuente: (ANSI/TIA 222-G) Extracto

| <b>Categoría de Exposición</b> | <b>Z<sub>g</sub></b> | <b>α</b> | <b>K<sub>zmin</sub></b> | <b>K<sub>e</sub></b> |
|--------------------------------|----------------------|----------|-------------------------|----------------------|
| B                              | 366m                 | 7.0      | 0.70                    | 0.90                 |
| C                              | 274m                 | 9.5      | 0.85                    | 1.00                 |
| D                              | 213m                 | 11.5     | 1.03                    | 1.10                 |

### *Factor de Probabilidad*

**Tabla N°10: Factor de Probabilidad de dirección del viento.**

Fuente: (ANSI/TIA 222-G) Extracto

| <b>Tipo de Estructura</b>  | <b>Factor de probabilidad de la dirección del viento, K<sub>d</sub></b> |
|--|---|
| Estructuras de celosía con secciones transversales triangulares, cuadradas | 0.85  |
| Estructuras tubulares tipo Monopolo  | 0.95  |

*Fuerza del viento de diseño sobre la estructura*

$$F_{ST} = q_z * G_h * (EPA)_s$$

Donde:

$q_z$  = Presión dinámica, N/m<sup>2</sup>

$G_h$  = Factor de ráfaga.

$(EPA)_s$  = Área proyectada efectiva de la estructura, m<sup>2</sup>

*Presión dinámica.*

La presión dinámica se determinada con la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.613 * K_z * K_{ZT} * K_d * I * V^2$$

Donde:

$K_z$  = Coeficiente de presión dinámica.

$K_{ZT}$  = Factor topográfico.

$K_d$  = Factor de probabilidad de la dirección del viento, tabla N°10

$I$  = Factor de Importancia, tabla N°7

$V^2$  = Velocidad básica del viento.

*Coeficiente de presión dinámica.*

En base en la categoría de exposición se calcula:

$$K_{zmin} \leq K_z = 2.01 (Z / Z_g)^{2/\alpha} \leq 2.01$$

Donde:

$Z$  = Altura sobre el nivel del terreno.

$Z_g$  = Coeficiente de categoría de exposición, tabla N° 9

$\alpha$  = Exponente de la velocidad para ráfaga de 3 segundos, tabla N° 9

$K_{zmin}$  = Coeficiente de presión dinámica mínimo, tabla N° 9

*Factor Topográfico*

El efecto acelerador del viento se deberá incluir en el cálculo de cargas mediante el factor  $K_{ZT}$

$$K_{ZT} = \left(1 + \frac{K_e \cdot K_t}{K_h}\right)^2$$

Donde:

$K_h$  = Factor de reducción dependiente de la altura por  $K_h = e^{-\frac{f \cdot z}{H}}$

$e$  = Base de logaritmo neperiano

$K_e$  = Constante del terreno según tabla 10

$K_t$  = Contante del terreno según tabla 9

$f$  = Factor de atenuación de pendiente de la altura según tabla 9

$Z$  = Altura sobre el nivel del terreno, m

$H$  = Altura de la cresta sobre el terreno, m

*Factor de ráfaga*

**Tabla N°11: Factor de Ráfaga según tipo de estructura.**

Fuente: Propia

| Tipo de Estructura                             | $G_h$ |
|--|-------|
| Celosía Autosoportada<br>(Altura menor a 137m) | 1.00  |
| Monopolos                                      | 1.10  |
| Mástiles Arriostrados                          | 0.85  |

*Área proyectada efectiva de la estructura.*

Se determina según la ecuación:

$$(EPA)_s = C_f [D_f \sum A_f + D_r \sum A_f R_r]$$

Donde:

$C_f$  =  $3.4 \mathcal{E}^2 - 4.7\mathcal{E} + 3.4$  Sección Triangular

$C_f$  =  $4.0 \mathcal{E}^2 - 5.9 \mathcal{E} + 4.0$  Sección Cuadrada

$\mathcal{E}$  = Relación de solidez,  $\mathcal{E} = \frac{A_f + A_r}{A_g}$

$A_f$  = Área proyectada de los componentes estructurales planos en una cara de la sección.

- $A_r$  = Área proyectada de los componentes estructurales circulares en una cara de la sección.
- $A_g$  = Área bruta de una cara como si dicha cara fuera solida
- $D_f$  = Factor de dirección del viento para componentes estructurales planos
- $D_r$  = Factor de dirección del viento para componentes estructurales circulares.
- $R_r$  = Factor de reducción para un elemento circular.

$$R_r = 0.36 + 0.26 \epsilon + 0.97 \epsilon^2 - 0.63 \epsilon^3$$

*Factor de dirección del viento.*

El diseño por resistencia deberá basarse en la resultante de la dirección del viento en la máxima respuesta.

**Tabla N°12: Factor de Dirección del viento**  
Fuente: (ANSI/TIA 222-G) Extracto

| Sección de la Torre | Cuadrada |                                | Triangular |      |         |
|---------------------|----------|--------------------------------|------------|------|---------|
|                     | Normal   | 45°                            | Normal     | 60°  | + - 90° |
| $D_f$               | 1.0      | $1 + 0.75 \epsilon$ (1.2 máx.) | 1.0        | 0.80 | 0.85    |
| $D_r$               | 1.0      | $1 + 0.75 \epsilon$ (1.2 máx.) | 1.0        | 1.00 | 1.00    |

*Fuerza del viento de diseño sobre los accesorios*

La fuerza del viento de diseño en los accesorios (ya sea discreta o lineal, pero excluyendo antenas microondas),  $F_A$ , se determinará a partir de la ecuación

$$F_A = q_z * G_h * (EPA)_A$$

Donde:

$q_z$  = Presión dinámica a la altura del eje del accesorio, N/m<sup>2</sup>

$G_h$  = Factor de ráfaga.

$(EPA)_A$  = Área proyectada efectiva del accesorio, m<sup>2</sup>

Las fuerzas del viento  $F_A$  se aplicará en el centroide del área proyectada efectiva del accesorio en la dirección del viento.

### **Cargas sísmicas (E):**

Fuerza cortante en la base, indicado en la norma técnica E.030

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P$$

Los parámetros utilizados son los siguientes:

#### *Zonificación (Z)*

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas basado en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características de los movimientos, atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información geotectónica. A cada zona se le asigna un factor Z que se interpreta como la aceleración máxima horizontal en el suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

#### *Parámetros del Suelos (S)*

Se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

#### *Factor de Amplificación Sísmica (C)*

De acuerdo con las características de sitio, se define al factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:  $C \geq 0.125R$

#### *Categoría de las Edificaciones (U)*

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con la categoría de uso de la edificación.

#### *Sistemas Estructurales (R)*

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismo resistente predominante en cada dirección. De acuerdo con la clasificación de una estructura se elige un factor de reducción de la fuerza sísmica. (R)

#### 4.2.6. Combinaciones de Cargas.

##### *Estado Límite de Resistencia*

Las estructuras y cimentaciones se deberán diseñar de manera tal que su resistencia de diseño sea mayor o igual que las solicitaciones debido a las cargas mayoradas para todas las combinaciones correspondiente al estado límite.

COMB1:  $1.2D + 1.6W_o$

COMB2:  $0.9D + 1.6W_o$

COMB4:  $1.2D + 1.0E$

COMB5:  $0.9D + 1.0E$

Donde:

D= Carga permanente de la estructura y los accesorios.

E= Carga sísmica

W= Carga de viento sin hielo.

Las combinaciones de cargas mayoradas se deben considerar las diferentes direcciones del viento y en ambas direcciones del sismo.

El cálculo de diseño de torre se basa fundamentalmente para fuerzas producidas por acción del viento que es la condición más desfavorable para este tipo de estructuras.

##### *Estado Límite de Servicio*

Las cargas de servicio se deberán definir de acuerdo con la siguiente combinación de cargas:

COMB1:  $1.0D + 1.0W$

Donde:

D= Carga permanente de la estructura y los accesorios.

W= Carga de viento sin hielo.

Las fuerzas horizontales para determinar las cargas de servicio se deberán basar en un factor de importancia I, de 1.00 y un factor de direccionalidad, Kd de 0.85 para todas las estructuras. El coeficiente de presión dinámica, Kz, el factor de ráfaga, Gh, y el factor topográfico, Kzt, deberán ser iguales a los valores para la condición correspondiente al estado límite de resistencia.

Las combinaciones de cargas mayoradas se deben considerar las diferentes direcciones del viento.

#### **4.2.7. Propiedad de los materiales**

##### *Acero*

Los perfiles que conforman la estructura de la torre son de acero ASTM 36, cuya resistencia a la fluencia es de 36ksi (250Mpa) y acero ASTM A572 Gr.50 cuya resistencia a la fluencia es de 50ksi (350Mp). Los pernos considerados en las conexiones de elementos principales y secundarios son del tipo Grado 5 o similar

#### **4.2.8. Condiciones de Diseño**

##### *Condiciones de Resistencia*

Con las cargas definidas se procede al análisis estructural de la estructura con la finalidad de verificar que los elementos propuestos cumplan las condiciones de resistencia evaluados a una velocidad de viento de supervivencia. Se debe cumplir que los ratios de esfuerzos deben ser menor a 100. (Ver fig. N°40)

##### *Condición de servicio.*

De acuerdo con las especificaciones de las antenas a instalar en las torres, la rotación máxima deberá ser de  $0.75^\circ$  y el desplazamiento máximo en la parte más alta de la torre deberá ser de  $0.75^\circ$ . (Ver fig. N°41)

#### 4.2.9. Procedimiento de diseño.

El procedimiento de diseño debe incluir los siguientes cálculos:

- Reacciones máximas en la base por cargas mayoradas
- Reacciones máximas en la base por cargas de servicio
- Diseño de conexiones entre montantes.
- Diseño de conexión diagonal con montante.
- Diseño de Pernos de Anclaje.

#### 4.2.10. Entregables

- Memoria de Cálculo de Torre.
- Plano llave de Torre.
- Plano de fabricación de Torre.
- Plano de Montaje de Torre.
- Especificaciones técnicas.

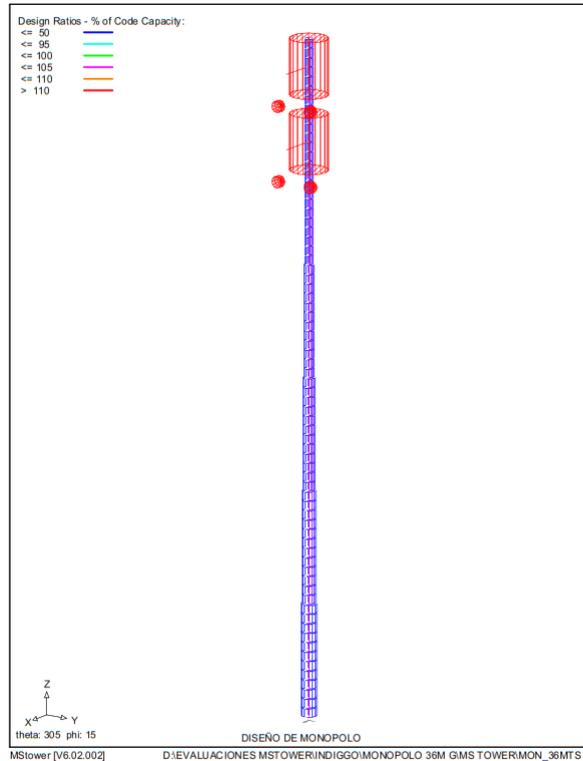


Fig. N° 39: ratios de esfuerzo en la estructura de un Monopolo  
Fuente: Propia

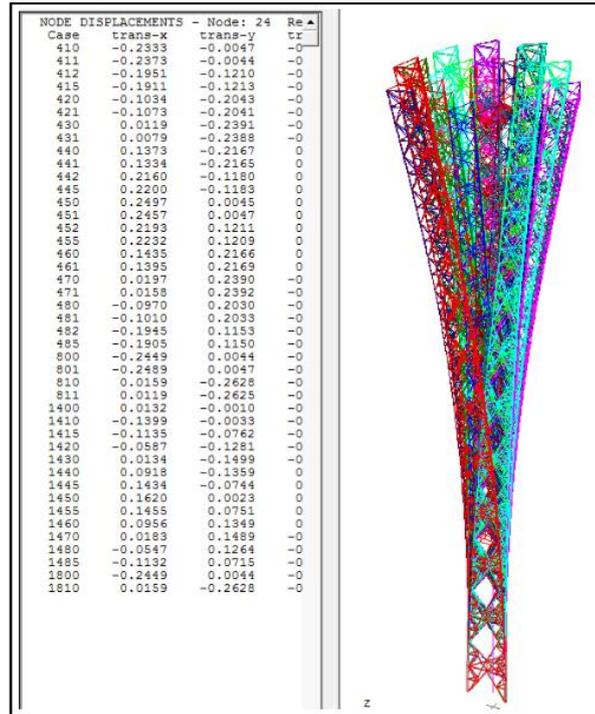


Fig. N° 40: Análisis de Desplazamientos en Torre Autoportada  
Fuente: Propia

### 4.3. DISEÑO DE CIMENTACION DE TORRE.

#### 4.3.1. Generalidades.

El diseño tiene como objetivo calcular una solución de cimentación que cumpla las solicitaciones de carga actuantes en la estructura verificando los estados límites de servicio y resistencia del elemento estructural. Las cimentaciones pueden ser de concreto armado, armazón metálico, pilotes, etc.

#### 4.3.2. Normas de Diseño.

Para el análisis y diseño de cimentación nos basamos en las siguientes normas:

- ACI 318-11 – Building Code Requirements for Structural Concrete
- NTP E060 Concreto Armado
- ASTM – American Society for Testing Materials.

#### **4.3.3. Programa (Software) de diseño:**

La Cimentación de concreto armado se diseñan bajo los parámetros del programa SAFE, el cual es un SOFTWARE desarrollado por la CSI y se utiliza en el análisis y dimensionamiento de losas y cimentaciones de concreto armado.

.

#### **4.3.4. Estudios Previos**

##### *Estudio de Mecánica de Suelo (EMS)*

El Estudio de mecánica de suelos tiene como objetivo determinar las características físicas – mecánicas del suelo donde se construirá la estación base y a partir de ello los parámetros necesarios para el diseño y construcción del proyecto. Los parámetros requeridos son:

- Profundidad de Cimentación
- Tipo de Cimentación
- Capacidad Portante admisible del terreno.
- Clasificación y perfil del suelo.
- Estrato de Apoyo de Cimentación
- Nivel de la Napa Freática (si aplica)
- Agresividad del suelo a la cimentación.
- Parámetros sísmicos del tipo de suelo de cimentación.

#### **4.3.5. Documentos de Referencia.**

- RAB, Reporte de Anillo de Búsqueda.
- Anteproyecto (Planos de Arquitectura, memorias descriptivas)
- Memoria de Cálculo de Torre
- Estudio de Mecánica de Suelos.

#### **4.3.6. Cargas de diseño.**

##### *Cargas Muertas (D)*

Se considera los pesos de la estructura de cimentación (zapatas o platea de cimentación), el terreno sobre la zapata y el peso de la torre.

### *Carga Viva (L)*

Se considera la sobrecarga sobre el piso terminado. Para estaciones base celular se considera  $L= 200\text{Kg/m}^2$

### *Cargas de Viento (W)*

De todas las condiciones de cargas de servicio dadas por la memoria de cálculo de la torre escogemos las cargas más críticas que se producen en el pedestal y que afectan de manera global a la zapata.

#### **4.3.7. Combinaciones de Carga:**

Las combinaciones de carga a considerar son:

Estado Limite de Resistencia:  $1.2D + 1.6L + 1.6W$

Estado Limite de Servicio  $1.0D + 1.0L + 1.0W$

Donde:

D = Cargas Muertas

L = Cargas Vivas

W = Cargas de viento

#### **4.3.8. Propiedades de los materiales.**

##### **Concreto**

El concreto armado debe cumplir con los requerimientos de la norma E060. Se debe definir las siguientes propiedades:

$F'_c$ = Resistencia especificada a la compresión del concreto. ( $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ )

$E_c$ = Modulo de elasticidad del Concreto. ( $E_c=217,371 \text{ kg/cm}^2$ )

$P_c$ = Densidad del Concreto ( $P_c=2.4 \text{ Ton/m}^3$ )

##### **Acero Corrugado**

El acero corrugado a utilizar es del tipo ASTM615 Gr.60 y se define las siguientes propiedades:

$F_y$  = Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo ( $F_y = 4280 \text{Kg/cm}^2$ )

$R$  = Resistencia a la tracción ( $R = 6320 \text{Kg/cm}^2$ )

$E_s$  = Modulo de elasticidad del acero ( $E_s = 2,000,000 \text{Kg/cm}^2$ )

### *Suelo*

Las propiedades del suelo se definirán en el estudio de mecánica de suelos.

### Clasificación SUCS

$P_s$  = Peso Volumétrico

$K_s$  = Coeficiente de balasto

$Q_{adm}$  = Capacidad portante admisible del terreno.

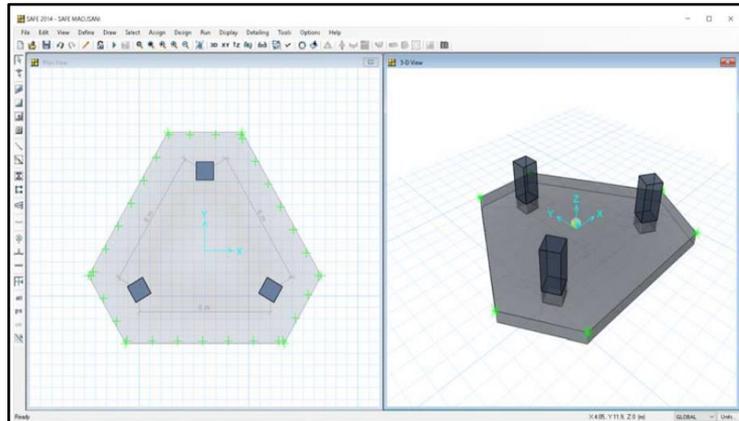
### **4.3.9. Verificación de diseño.**

Con la información de cargas y propiedades de los materiales procedemos al diseño de Cimentación. Se definirá una geometría inicial para realizar las siguientes verificaciones:

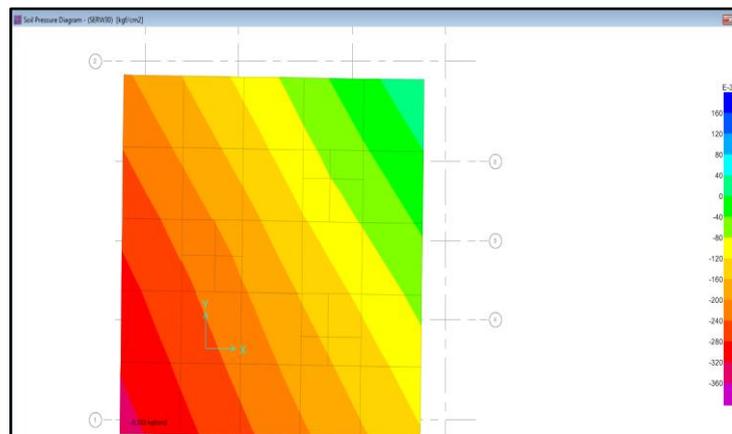
- Verificación del Asentamiento inmediato
- Verificación de presiones en el suelo
- Verificación del volteo.
- Verificación del punzonamiento.
- Verificación al corte.
- Diseño de refuerzo de platea o zapata
- Diseño de refuerzo de pedestal.
- Diseños de perno de anclaje.
- Diseño de plancha base
- Verificación de longitud de desarrollo a tracción y compresión.

### **4.3.10. Entregables.**

- Memoria de Cálculo de Cimentación.
- Plano de Cimentación



**Fig. N° 41: Modelamiento de Cimentación en software**  
Fuente: Propia



**Fig. N° 42: Diagrama de Esfuerzos en suelo.**  
Fuente: Propia

#### 4.4. DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN EDIFICACIÓN:

##### 4.4.1. Generalidades.

Cuando la estación base es tipo Rooftop se debe realizar previamente una evaluación estructural de la edificación existente, que incluya las cargas proyectadas de la estación, para verificar si la estructura cumple los requerimientos de diseño establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

En caso de no cumplir los requerimientos se procede a plantear un reforzamiento de estructuras que serán verificadas con una nueva evaluación estructural.

#### **4.4.2. Normas:**

Para la Evaluación Estructural y Diseño de reforzamiento de la Edificación Existente se considerarán las siguientes normas:

- Norma técnica peruana E020 Cargas
- Norma técnica peruana E030 Diseño sismo resistente.
- Norma técnica peruana E060 Concreto Armado

#### **4.4.3. Alcances y exclusiones:**

- La evaluación estructural corresponde al levantamiento superficial de los elementos resistentes de la superestructura.
- Para la obtención de las cuantías de acero en columnas o vigas, se debe utilizar planos estructurales del propietario en caso existan, de no ser así se debe verificar si existe alguna estructura expuesta, en caso no exista dicha información se asumirá la existencia de cuantía mínima de acuerdo norma E060 o al criterio del profesional responsable.
- La determinación de la resistencia del concreto quedará al criterio del profesional responsable.
- Para los elementos de albañilería confinada se obtendrá la información del tipo de ladrillo a utilizar mediante inspección ocular y uso de planos estructurales del propietario en caso existan, siendo los elementos no visualizados asumidos a criterio del profesional responsable.
- En caso de corrosión de acero de las estructuras se considera una merma para fines de evaluación de acuerdo con el criterio del profesional responsable.
- En caso de grietas en un elemento estructural este será evaluado ocularmente y se considerará una merma en su capacidad de resistencia para fines de evaluación.

- Para determinar las características físicas del suelo se asumirá un valor en base a estudios existentes como CISMID, INDECI o municipalidades, en caso de no existir se utilizará un valor según criterio del profesional responsable.

-

#### **4.4.4. Programa (Software) de análisis:**

Las evaluaciones estructurales se pueden analizar bajo los parámetros del programa ETABS, desarrollado por la empresa CSI. Es software es utilizado para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Los modelos se pueden crear de modo realista y todos los resultados pueden representarse directamente en la estructura.

#### **4.4.5. Documentos de Referencia**

- Planos Estructurales existentes, en caso existan
- RAB, Reporte de Anillo de Búsqueda.
- Anteproyecto (Planos de Arquitectura, memorias descriptivas)
- Memoria de Cálculo de Torre (Mástil Arriostrado)

#### **4.4.6. Cargas de diseño**

##### *Carga Muertas (D)*

Son cargas provenientes del peso de los elementos estructurales, acabados, tabiques y otros elementos que forman parte de la edificación y se consideran permanentes.

##### *Carga Viva (L)*

Cargas que provienen de los pesos no permanentes en la estructura, que incluyen a los equipos muebles y elementos móviles estimados de la estructura, así como los equipos de telecomunicaciones y antenas a instalar.

##### *Carga de Sismo (E)*

Análisis de Carga estáticas o dinámicas que representan un evento sísmico y están reglamentadas por la Norma E.030 de diseño sismo resistente.

#### 4.4.7. Combinaciones de Carga.

Las combinaciones de carga usadas para encontrar la envolvente de esfuerzos sobre los elementos de la estructura son las siguientes:

*Estado Límite de Resistencia:*

Combo 1:  $1.4 D + 1.7 L$

Combo 2:  $1.25 (D + L) \pm E_x$

Combo 3:  $1.25 (D + L) \pm E_y$

Combo 4:  $0.9 D \pm E_x$

Combo 5:  $0.9 D \pm E_y$

Combo 6:  $1.25 (D + L \pm W)$

Combo 7:  $0.9 D \pm W$

Envolvente: Máx. (Combo 1; Combo 2; Combo 7)

*Estado Límite de Servicio:*

Combo 1:  $1.0D$

Combo 2:  $1.0D + 1.0L$

Combo 3:  $1.0D + W$

Envolvente: Máx. (Combo 1; Combo 2; Combo 3)

Donde:

D: Cargas Muertas

L Cargas Vivas

E Cargas de Sismo

W Cargas de Viento

#### 4.4.8. Procedimiento de Evaluación:

Para el análisis de una edificación existente se considerará el siguiente procedimiento:

**Análisis dinámico.**

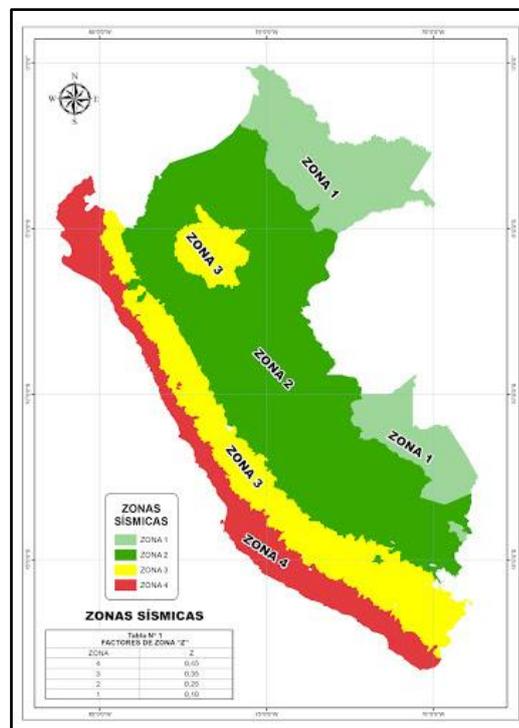
Se verificará el comportamiento dinámico de la estructura mediante un modelo matemático frente a las cargas sísmicas mediante un análisis espectral indicado en la Norma correspondiente

*Consideraciones Sísmicas.*

Se basa en la utilización de periodos naturales y modos de vibración que podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere las características de rigidez y la distribución de masas de la estructura.

*Zonificación (Z)*

Se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características esenciales de los movimientos sísmicos, la atenuación de estos con la distancia y la información geotécnica obtenida de estudios científicos. (Ver fig. N°43). Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.



**Fig. N° 43: Mapa de Zonificación Sísmica**  
 Fuente: Norma E030-RNE

**Tabla N°13: Factor de Zona (Z)**

Fuente: Norma E030-RNE

| Zona | Z    |
|------|------|
| 4    | 0.45 |
| 3    | 0.35 |
| 2    | 0.25 |
| 1    | 0.10 |

*Parámetros del suelo (S)*

Los perfiles del suelo se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

Perfil Tipo S<sub>0</sub>: Roca Dura

Perfil Tipo S<sub>1</sub>: Roca o suelos muy rígidos.

Perfil Tipo S<sub>2</sub>: Suelos Intermedios.

Perfil Tipo S<sub>3</sub>: Suelos Blandos.

Perfil Tipo S<sub>4</sub>: Condiciones Excepcionales

**Tabla N°14: Factor del Suelo (S)**

Fuente: Norma E030-RNE

| Zona\Suelo     | S <sub>0</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Z <sub>4</sub> | 0.80           | 1.00           | 1.05           | 1.10           |
| Z <sub>3</sub> | 0.80           | 1.00           | 1.15           | 1.20           |
| Z <sub>2</sub> | 0.80           | 1.00           | 1.20           | 1.40           |
| Z <sub>1</sub> | 0.80           | 1.00           | 1.60           | 2.00           |

**Tabla N°15: Periodos "T<sub>P</sub>" y "T<sub>L</sub>"**

Fuente: Norma E030-RNE

|                    | Perfil del Suelo |                |                |                |
|--------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
|                    | S <sub>0</sub>   | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> |
| T <sub>P</sub> (s) | 0.30             | 0.40           | 0.60           | 1.00           |
| T <sub>L</sub> (s) | 3.00             | 2.50           | 2.00           | 1.60           |

*Factor de amplificación sísmica (C)*

$$\begin{aligned} T < T_P & \quad C=2.5 \\ T_P < T < T_L & \quad C=2.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right) \\ T > T_L & \quad C=2.5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2}\right) \end{aligned}$$

Donde:

T: Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico.

T<sub>P</sub>: Periodo que se define de la **Tabla N°16**

T<sub>L</sub>: Periodo que se define de la **Tabla N°16**

*Periodo fundamental de Vibración (T)*

El periodo fundamental de vibración para cada dirección se estima de la siguiente expresión:

$$T = \frac{hn}{Ct}$$

Donde:

Ct = 35; Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

Ct = 45; Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sea únicamente:

- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

Ct = 60; Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada.

hn = Altura total de la edificación en metros.

*Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)*

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con la categoría y su factor de uso.

**Tabla N°16: Categoría de las Edificaciones y Factor "U"**

Fuente: Norma E030-RNE

| <b>Categoría</b>              | <b>Descripción</b>  | <b>Factor U</b> |
|-------------------------------|---|-----------------|
| C<br>Edificaciones<br>Comunes | Edificaciones comunes tales como vivienda, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes | 1.00            |

*Sistemas Estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (Ro)*

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presenta más de un sistema estructural, se toma el menor, coeficiente Ro que corresponda:

**Tabla N°17: Sistemas Estructurales**

Fuente: Norma E030-RNE

| <b>Sistema Estructural</b>            | <b>Coficiente Básico de Reducción Ro</b> |
|---------------------------------------|--|
| <b>Concreto Armado:</b>               |  |
| Pórticos                              | 8  |
| Dual                                  | 7  |
| De muros estructurales                | 6  |
| Muros de ductilidad limitada          | 4  |
| <b>Albañilería Armada o Confinada</b> | 3  |

*Coeficiente de Reducción de Fuerzas sísmicas (R)*

Si la edificación presenta irregularidad en planta ( $I_p$ ) y regularidad en elevación ( $I_a$ ) se tiene como factores de reducción para el análisis los siguientes valores.

$$R = R_o * I_a * I_p$$

Donde:

$I_p$  = Irregularidad torsional

$I_a$  = Irregularidad X e Y

$R_o$  = coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

**Tabla N°18: Irregularidades Estructurales en altura**

Fuente: Norma E030-RNE

| Irregularidades Estructurales en Altura            | Factor de Irregularidad $I_a$ |
|--|-------------------------------|
| Irregularidad de Rigidez – Piso Blando             | 0.75                          |
| Irregularidad de Resistencia – Piso Débil          | 0.75                          |
| Irregularidad Extrema de Rigidez                   | 0.50                          |
| Irregularidad Extrema de Resistencia               | 0.50                          |
| Irregularidad de Masa o Peso                       | 0.90                          |
| Irregularidad Geometría Vertical                   | 0.90                          |
| Discontinuidad en los sistemas resistentes         | 0.80                          |
| Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes | 0.60                          |

**Tabla N°19: Irregularidades Estructurales en planta**

Fuente: Norma E030-RNE

| Irregularidades Estructurales en Planta | Factor de Irregularidad $I_p$ |
|---|-------------------------------|
| Irregularidad Torsional                 | 0.75                          |
| Irregularidad Torsional Extrema         | 0.60                          |
| Esquinas Entrantes                      | 0.90                          |
| Discontinuidad del Diafragma            | 0.85                          |
| Sistemas No Paralelos                   | 0.90                          |

Para poder calcular la aceleración espectral para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS * g}{R}$$

Donde:

Z= Zonificación

U= Factor de Uso

C= Factor de Amplificación Sísmica.

S= Parámetro del Suelo

R= Factor de reducción

### **Análisis de desplazamientos.**

Se verificará los desplazamientos obtenidos en el programa ETABS con los permisibles de la Norma correspondiente.

#### *Desplazamiento Laterales Permisibles.*

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso no debe exceder la fracción de la altura que se indica en la tabla siguiente:

**Tabla N°20: Limites para la distorsión del entrepiso**  
Fuente: Norma E030-RNE

| <b>Material Predominante</b>                                  | <b>( <math>\Delta i/h_{ei}</math> )</b> |
|---|---|
| Concreto Armado   | 0,007                                   |
| Acero   | 0,010                                   |
| Albañilería   | 0,005                                   |
| Madera  | 0,010                                   |
| Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada | 0,005                                   |

### **Verificación de fuerzas.**

Entre los parámetros que intervienen en la verificación estructural se encuentran la resistencia al corte, flexión, carga axial en vigas y columnas de concreto armado y verificación por comprensión axial, fuerza cortante de los muros de albañilería.

#### **4.4.9. Entregables.**

- Evaluación Estructural de Edificación.
- Evaluación Estructural de Edificación con reforzamiento.
- Planos de reforzamiento de Edificación.

## **4.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.**

### **4.5.1. Generalidades**

El diseño del sistema de protección a tierra tiene como finalidad obtener una resistencia eléctrica de bajo valor para derivar a tierra fenómenos eléctricos o corrientes de falla.

### **4.5.2. Normas de Diseño**

- Norma Técnica Peruana NPT 370.053 “Seguridad Eléctrica-Elección de Materiales eléctrico en las instalaciones interiores para puesta a tierra. Conductores de Protección”
- Código Nacional de Electricidad Suministro - año 2002, Sección 3 “Métodos de Puesta a tierra para instalaciones de Suministro Eléctrico y Comunicaciones”

### **4.5.3. Programa (Software) de diseño:**

Hoja de Cálculo.

### **4.5.4. Requerimiento de Diseño.**

La resistencia del sistema diseñado debe ser menor a 5 Ohmios

### **4.5.5. Estudios Previos**

*Estudio de Resistividad de Terreno.*

Este estudio tiene como objetivo determinar la resistividad del terreno en el lugar donde se proyecta la construcción.

Se utiliza método Werner que tiene como principio básico la inyección de corriente directa a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están

enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón  $V/I$  es conocida como la resistencia aparente del terreno.

En la figura 44 se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores.

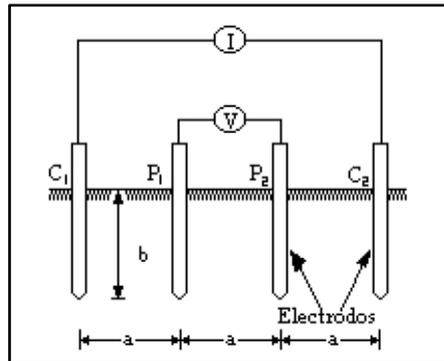


Fig. N° 44: Esquema Método Werner  
Fuente: Internet

#### 4.5.6. Materiales.

Para el diseño de un sistema de aterramiento se considerará los siguientes materiales:

- Electrodo tipo varilla de cobre, o aleación de diámetro mínimo de 5/8".
- Terreno de cultivo con propiedades salinas.
- Bentonita Sódica
- Cemento conductor:

#### 4.5.7. Procedimiento de Diseño

##### **Cálculo de resistividad.**

$$p = \frac{4\pi AR}{\left[ 1 + \left[ \frac{2A}{(A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2A}{(4A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right]}$$

Donde:

- p = Resistividad promedio a la profundidad (A) ( $\Omega$ -m)
- A = Distancia entre electrodos
- B = Profundidad de enterrado de los electrodos (m)
- R = Lectura de Telurómetro.

Cuando la distancia entre electrodos "A" es mucho mayor que la profundidad de electrodos "B" la expresión anterior se resume:

$$p = 2\pi AR$$

Donde:

- p = Resistividad promedio a la profundidad (A) ( $\Omega$ -m)
- A = Distancia entre electrodos
- B = Profundidad de enterrado de los electrodos (m)
- R = Lectura de Telurómetro.

**Cálculo de resistividad aparente.**

$$pa = \left( \frac{h_1 + h_2}{\frac{h_1}{p_1} + \frac{h_2}{p_2}} \right)$$

Donde:

- Pa = Resistividad aparente ( $\Omega$ -m)
- p1 = Resistividad 1ra capa ( $\Omega$ -m)
- p2 = Resistividad 2da capa ( $\Omega$ -m)
- h1 = Primera capa (m)
- h2 = Segunda capa (m)

**Cálculo de resistividad de diseño.**

$$\rho d = (1 - R\%) \rho a$$

Donde:

- $\rho d$  = Resistividad de diseño ( $\Omega$ -m)  
 $\rho a$  = Resistividad aparente ( $\Omega$ -m)  
 $R$  = Porcentaje de reducción ( $\Omega$ -m), debido al uso del cemento conductivo y bentonita sódica.

**Cálculo de resistencia de un electrodo**

Se utiliza la fórmula de Rudenberg para calcular la resistencia lograda por un electrodo

$$R = \frac{\rho d}{2 * \pi * L} * \left( \frac{4L}{D} \right)$$

Donde:

- $\rho d$  = Resistividad de Diseño  
 $L$  = Longitud del electrodo  
 $D$  = Diámetro del electrodo.

**Cálculo de resistencia de electrodos en paralelo**

Para calcular la resistencia de varios electrodos se toma como referencia la publicación IEEE4 – std 142 -1991 que indica que múltiples electrodos en paralelo alcanzan una menor resistencia a tierra que un simple electrodo. Los sistemas de 2 barras a más en paralelo en una línea, círculo, rectángulo, cuadrado o triángulo provean una resistencia definida como:

$$Rr = \left( \frac{Re}{N} \right) * F$$

Donde:

|    |   |  |
|----|---|--|
| Rr | = | Resistencia de los electrodos en paralelo ( $\Omega$ ) |
| Re | = | Resistencia de un electrodo Vertical ( $\Omega$ )      |
| N  | = | Numero de Electrodos                                   |
| F  | = | Factor de Tabla N° 21                                  |

**Tabla N°21: Tabla de Factores para varias barras**  
Fuente: IEEE4 – Std142

| Numero de Barras N | F    |
|--------------------|------|
| 2                  | 1.16 |
| 3                  | 1.29 |
| 4                  | 1.36 |
| 8                  | 1.68 |
| 12                 | 1.8  |

### **Cálculo de resistencia mutua**

$$R_m = \frac{0.73}{L_{tot}} \rho d \log \left( \frac{2 L_{tot}}{L} \right)$$

Donde:

|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| Rm               | = | Resistencia mutua   |
| L <sub>tot</sub> | = | Longitud total de cable en la malla o ring (m)              |
| $\rho d$         | = | Resistividad de diseño de la capa a instalar ( $\Omega$ -m) |
| L                | = | Longitud del electrodo (m)                                  |

### **Cálculo de resistencia del sistema.**

Para el cálculo de la malla a instalar (varilla – malla) aplicaremos la fórmula de Schartz

$$R_g = \frac{R_1 * R_2 - R_{12}^2}{R_1 + R_2 - 2R_{12}}$$

Donde:

|          |   |                                     |
|----------|---|-------------------------------------|
| $R_g$    | = | Resistencia del Sistema             |
| $R_1$    | = | Resistencia de los electrodos       |
| $R_2$    | = | Resistencia de la malla             |
| $R_{12}$ | = | Resistencia mutua electrodo - malla |

El valor obtenido  $R_g$ , es el valor de diseño del sistema puesta a tierra.

#### **4.5.8. Entregables.**

- Memoria de Cálculo del sistema de Protección a Tierra.
- Memoria descriptiva que incluye el procedimiento constructivo

### **4.6. EXPEDIENTE TÉCNICO DE CONSTRUCCIÓN.**

#### **4.6.1. Generalidades:**

Se realiza la integración de todos los diseños y estudios previos para desarrollar el expediente técnico de construcción que cumpla los requisitos del operador, las normas técnicas y el marco legal vigente.

#### **4.6.2. Documentos de referencia:**

- Reporte de Anillo de Búsqueda
- Diseño de torre.
- Plano de torre.
- Diseño de cimentación de torre (greenfield)
- Plano de cimentación.
- Diseño de reforzamiento de edificación (Rooftop)
- Plano de reforzamiento de edificación
- Diseño de sistema de puesta a Tierra.
- Especificaciones de requerimiento del Operador.

#### 4.6.3. Programa (Software) de diseño:

- AutoCAD.
- Procesador de texto.
- Procesador de datos.

#### 4.6.4. Entregables.

Proyecto de Ingeniería, incluye la siguiente información:

##### *Planos del Proyecto*

- Plano Generalidades
- Plano de Ubicación.
- Plano de desvío de Vías.
- Plano de Arquitectura (planta, elevación, cortes)
- Plano de Topografía (Aplicaría en sitios Greenfield)
- Plano de Reforzamiento de Edificación (Aplicaría en sitios Rooftop)
- Plano de Estructuras (cimentación de torre y cerco, losa de equipos, etc.)
- Plano de Estructuras Metálicas. (Torre, accesorios, carpintería metálica)
- Plano de Instalaciones Eléctricas.

##### *Otros documentos*

- Memorias Descriptivas por Especialidad
- Especificaciones técnicas por Especialidad
- Fotomontaje
- Certificación de Coordenadas.
- Cronograma de Obra
- Presupuesto de Obra

##### *Anexos:*

- Estudio de Mecánica de Suelos (Greenfield)
- Estudio de Resistividad
- Evaluación Estructural de Edificación (Rooftop)
- Memoria de Cálculo de Torre
- Memoria de Cálculo de Cimentación

## CAPITULO V: METODOLOGIA CONSTRUCTIVA

### 5.1. CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA.

Clasificaremos las partidas convencionales más relevantes del proceso constructivo de una estación base celular para poder desarrollar la metodología constructiva (Rojas, 2012, p.36) (Mendoza, 2015, p.22).

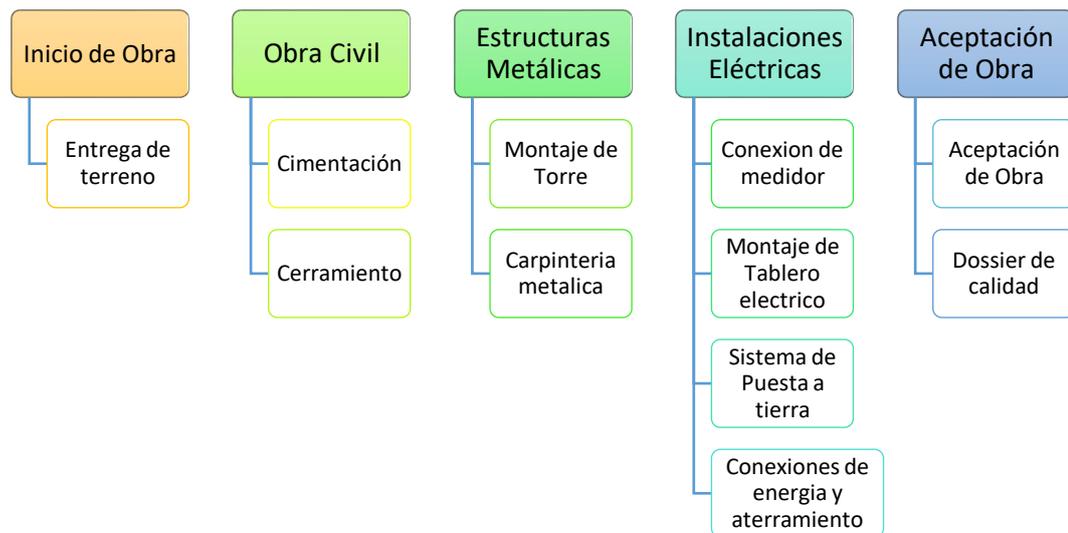


Fig. N° 45: Proceso de Construcción de Infraestructura  
Fuente: Propia

### 5.2. INICIO DE OBRA

#### 5.2.1. Consideraciones previas.

Previo a la autorización del inicio de obra se debe verificar que la contratista asignada cumpla con los siguientes requerimientos:

**Personal de obra:**

- *Ingeniero Civil residente colegiado.*

El Ingeniero residente es el representante técnico del ejecutor de la obra. Debe contar con los conocimientos técnicos necesarios para asegurar la correcta ejecución de la obra.

- *Supervisor de prevención de riesgos en la obra.*  
Personal que asistirá al personal de la obra en la correcta implementación del plan de seguridad y salud. Para obras con menos de 20 trabajadores, el supervisor de prevención de riesgos será elegido entre el personal técnico con conocimientos y experiencia certificada en prevención de riesgos.
  
- *Personal técnico operativo.*  
Personal técnico ejecutor de los procesos constructivos de Obra. Para este tipo de obras contaremos con 03 frentes de trabajo, obras civiles, instalaciones eléctricas y montaje de estructuras.

#### **Documentación de Obra:**

- *Copia de expediente de construcción:*  
Se debe contar en obra con los planos firmados y toda la información técnica ingresada en el expediente de licencia para construcción.
  
- *Cuaderno de Obra legalizado*  
Cuaderno donde se registrarán los hechos más relevantes durante la ejecución de obra. Este cuaderno debe estar legalizado.
  
- *Copia de licencia y permisos especiales.*  
Licencia de construcción (FUIIT o SUIIT) y permisos especiales obtenidos para la presentación del expediente de licencia (CIRA, PMA, DGAC, etc.)
  
- *Plan y cronograma de obra.*  
Documento donde se describe la planificación de obra, los requerimientos de recursos, los hitos de construcción y el cronograma planificado de obra. El tiempo de ejecución promedio de estaciones base son los siguientes:
  - Estación base tipo Rooftop: 20 días
  - Estación base tipo greenfield público: 5 días.
  - Estación base tipo greenfield privado urbano: 30 días
  - Estación base tipo greenfield rural: 45-60 días

- *Plan de aseguramiento y control de calidad.*

Documento donde se describe el procedimiento para el aseguramiento y control de calidad. Pruebas de calidad, toma y verificación de mediciones, control de cambios, registro de documentos para el dossier de calidad.

***Documentación de seguridad - medio ambiente:***

- *Política de seguridad y salud en el trabajo.*

Documento firmado por la gerencia general que establece el compromiso de la organización de implementar las medidas necesarias para proteger la seguridad y salud en todos los trabajadores cumpliendo la normativa vigente aplicable en materia de riesgos laborales,

- *Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER)*

Herramienta de gestión mediante el cual se localiza y reconoce que existe un peligro y se definen sus características para luego valorar el nivel, grado y gravedad de los riesgos.

- *Análisis de trabajo seguro (AST)*

Herramienta de gestión que sirve para identificar los riesgos de accidentes potenciales relacionados con cada etapa de un trabajo y el desarrollo de soluciones que en alguna forma eliminen o controlen estos riesgos.

Antes de iniciar una actividad el Supervisor de prevención de riesgos junto con los trabajadores desarrollará este documento considerando los resultados de la matriz IPER. Será firmado por los involucrados y tendrá validez por el tiempo que dure la jornada de trabajo o las actividades a ejecutar siempre que mantenga las condiciones iniciales.

- *Permiso escrito para trabajos de alto riesgo (PETAR)*

Los trabajos de alto riesgo deben contar con un permiso que autoriza su ejecución, este permiso describe las características y responsables del trabajo, equipo de protección requerido, medidas preventivas de seguridad y

un plan de trabajo específico. Los permisos escritos de trabajo seguro PETARs serán inspeccionados antes y después de ser ejecutados.

- *Lista e identificación de los trabajadores asignados al site.*  
Lista de trabajadores asignados y autorizados para la ejecución de obra. No se permitirá ingreso de ningún personal previa autorización.
- *Seguro complementario de trabajo de riesgo. (SCTR)*  
Seguro obligatorio para todos los trabajadores de la obra, se debe contar con los seguros complementarios de salud y pensión
- *Formatos SSOMA (Seguridad, salud ocupacional y medio ambiente)*
  - o *Charla de Inducción*
  - o *Charla de 5 minutos*
  - o *Formatos de entrega de equipos de protección personal (EPP)*
  - o *Formatos de inspección.*

### ***Equipos de protección personal.***

- Todos los trabajadores asignados deberán contar con los equipos de protección personal acorde con los peligros a los que está expuesto.
- Todo equipo de protección personal debe cumplir con las normas técnicas de INDECOPI y deben estar certificados por un organismo acreditado.
- Previo a cada uso, el trabajador debe realizar una inspección visual a fin de asegurar que se encuentre en buenas condiciones caso contrario debe ser reemplazado. Entre los equipos de protección más utilizados, tenemos:
  - o Casco de seguridad.
  - o Lentes de seguridad.
  - o Calzado de seguridad con punta de acero.
  - o Guantes de polyester con agarre de goma.
  - o Protector de oído
  - o Respirador
  - o Chaleco reflectivo.
  - o Arnés de seguridad.

### **Herramientas y equipos.**

- Toda herramienta manual y equipos portátiles deben ser de marca certificada de acuerdo con las normas técnicas peruana NTP de INDECOPI.
- Antes de utilizar las herramientas y equipo se verificará su buen estado, no de ser necesariamente de primer uso, pero si deben tener un óptimo funcionamiento.

Con la validación de los requisitos previos de la contratista asignada se procede a autorizar el Inicio de Obra y la entrega del terreno.

### **5.2.2. Entrega de terreno.**

#### **Generalidades.**

Proceso inicial que tiene como objetivo la entrega del terreno por parte del propietario al Ingeniero responsable de la contratista asignada para la construcción. Se verificará las condiciones iniciales del terreno, restricciones de espacio, accesos, posibles contingencias, etc. En caso de sitios públicos (sin propietario) se debe dejar constancia de las condiciones iniciales.

En el caso de sitios Greenfield rurales se debe verificar al detalle los accesos para los materiales, herramientas y equipos. En este tipo de obras el acarreo es una partida crítica con respecto al costo y cronograma debido a disponibilidad y capacidad de los recursos en la zona.

En el caso de sitios Rooftop donde se tiene infraestructura existente es muy importante que el propietario comprenda el detalle de los trabajos que se tiene proyectado en las áreas comunes para evitar desacuerdo o inconformidades

#### **Procedimiento de entrega de terreno.**

- Se procede a la presentación formal del personal de obra por parte del Ingeniero Responsable al propietario, explicando sus funciones explícitas en el trabajo.

- Se procede a explicar detalladamente al propietario los alcances, objetivos, procedimiento de trabajos según los planos de ejecución.
- Se procede a levantar fotográficamente toda el área a intervenir y alrededores, detallando los puntos que visualmente no se detallan en los planos o en la información previa existente.
- Se realiza una verificación de coordenadas mediante un GPS manual calibrado verificando el punto 0 donde se proyecta la torre y los vértices del cerramiento.
- Luego de la verificación se procede a elaborar el Informe o Acta de Inicio de Obra donde se detalla la información obtenida.
- Se debe conciliar con el propietario si se presentan restricciones de horarios, acceso, servicios prestados u observación de alguna infraestructura existente que se vea perjudicada en el proceso constructivo. Se debe obtener la validación del propietario mediante la firma del acta
- Si existiera discordancias con el proyecto inicial o trabajos no considerados se solicitará la aprobación de los adicionales.
- Se procede a la apertura del cuaderno de Obra.



**Fig. N° 46: Entrega de terreno**  
Fuente: Propia

### **Control de calidad:**

Se realizarán las mediciones mediante un GPS manual y un registro fotográfico de las coordenadas iniciales de la torre y los vértices del cerramiento de la estación. El equipo de medición debe estar correctamente calibrado.

### **5.3. OBRAS CIVILES**

#### **5.3.1. Cimentación.**

##### ***Aspectos Constructivos:***

En el presente informe se desarrollará un tipo de cimentación tipo zapata o plata de cimentación para un sitio tipo greenfield.

Los procesos constructivos previos al vaciado de cimentación de concreto armado serán los siguientes:

- Excavación de cimentación.
- Vaciado de solado.
- Armado de Cimentación
- Encofrado
- Instalación de plantillas de torre.

##### ***Excavación de Cimentación.***

##### ***Consideraciones previas:***

- Se realizará el trazo y replanteo según los planos validados.
- Previo al inicio de excavación se debe contar con el permiso de trabajo de excavaciones firmado por el Ing. Responsable de Obra.
- Antes de iniciar cualquier actividad de excavación se limpiará la superficie de materiales sueltos u objetos que puedan desplomarse y que puedan generar algún peligro para la actividad.
- Si se encuentra una tubería de servicios u otra instalación durante la excavación, se suspenderá inmediatamente los trabajos.
- Si la excavación tendrá menos de 1.50 m, evaluar la necesidad de sostenimiento o conformación del talud según el tipo de terreno.
- En caso la excavación tenga más de 1.50 m de profundidad se realizará un diseño del sostenimiento y conformación del talud requerido.

- Se proveerá medios adecuado de acceso, salida y tránsito para excavaciones abiertas. Cuando la excavación tenga más de 1.2 m de profundidad. La escalera debe sobrepasar 1 m por encima del borde de la excavación.
- El área de excavación será cercada con cinta amarilla y elementos de dirección de tránsito peatonal o vehicular. Ninguna excavación, sin importar su profundidad, debe quedar sin vigilancia

*Procedimiento:*

- Se procederá a la ejecución de la excavación controlando las dimensiones y niveles solicitados según los planos validados.
- Todo material retirado debe contar con un lugar predeterminado para su acopio según su utilización final, material relleno o material excedente.
- El supervisor de prevención debe verificar en todo el proceso de la excavación que el material suelto no presente un riesgo de desplome.
- Antes de culminar el proceso de excavación se procede a perfilar las paredes de la cimentación y eliminación del material suelto
- La base de la cimentación se procede a compactar con material propio mediante el uso de compactadora manual

*Control de calidad:*

- Se procederá a la verificación de dimensiones y niveles de la excavación final.

*Consideraciones de seguridad.*

- Todo personal asignado a los trabajos de excavación trabajará en conjunto con el supervisor de prevención el análisis de trabajo seguro
- Todo personal asignado a los trabajos de excavación debe contar con los respectivos implementos de seguridad.

*Consideraciones de medio ambiente – residuos sólidos.*

- Todo material excedente estará debidamente acopiado para su respectiva eliminación por parte de una EO-RS Empresa Operadora de residuos sólidos o disponibles para su reutilización o gestión para otro uso.

### **Vaciado de Solado**

El solado es una capa de concreto simple  $f'c=100\text{kg/cm}^2$  de escaso espesor, de 5 a 10cm que se coloca en el fondo de las excavaciones proporcionando una base para el trazado de los elementos estructurales superiores y la colocación de la armadura.



**Fig. N° 47: Solado de Zapata**  
Fuente: Propia

### **Armadura de Acero**

Todas las varillas de refuerzo cumplirán la especificación ITINTEC 341.031 o la especificación ASTM A 706 para varillas de acero, grado 60 El acero deberá tener un esfuerzo de fluencia nominal de  $4200\text{ kg/cm}^2$ .

La armadura de acero de refuerzo de la estructura se realizará según los planos detalles de cimentación, se verificarán los espaciamientos, dobleces y traslapes.



**Fig. N° 48: Armadura de acero.**  
Fuente: Propia

## **Concreto armado**

### *Materiales*

#### *Cemento:*

En caso de utilizarse cemento en bolsa, no se aceptará que la envoltura esté deteriorada o perforada. Se almacenará en lugar techado, fresco, libre de humedad, sin contacto con el suelo y en pilas de hasta 10 bolsas, cubriéndose con material plástico u otro medio de protección.

#### *Agregados Finos:*

La arena será obtenida de depósitos naturales, y cumplirá con lo especificado en la Norma ASTM C 33 “Especificación Normalizada de Agregados para Concreto”. La arena deberá consistir en fragmentos de roca duros, fuertes, densos y durables, libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, esquistos, álcalis, ácidos, materia orgánica, greda u otras sustancias dañinas. Se debe verificar que los agregados son compatibles con el diseño de mezcla del concreto.

#### *Agregados Gruesos:*

El agregado grueso para concreto será grava natural limpia o piedra triturada de 1/2" de tamaño nominal como máximo. El agregado grueso consistirá en fragmentos de roca, duros, fuertes, densos y durables sin estar cubiertos de otros materiales. Será preferentemente angular y de textura rugosa.

#### *Agua:*

El agua que se emplee para la mezcla y el curado del concreto deberá ser de preferencia potable. El agua estará limpia y libre de cantidades dañinas de sales, aceites, ácidos, álcalis, materia orgánica o mineral, u otras impurezas que puedan reducir la resistencia, durabilidad o calidad del concreto.

#### *Aditivos:*

Por la necesidad de llegar a la resistencia requerida por el rápido montaje de las estructuras se hará uso de aditivos acelerante de fragua. Se debe verificar hoja técnica y de seguridad.

### **Consideraciones previas:**

Para autorizar el vaciado de cimentación se debe verificar que en obra se cumpla los siguientes requerimientos:

#### *Documentación de Obra:*

- Copia de expediente de construcción:
- Cuaderno de Obra legalizado
- Copia de licencia y permisos especiales.
- Plan y cronograma de obra.
- Diseño de mezcla, elaborado por laboratorio donde se consignen las propiedades técnicas y volumen requeridos de los agregados, cemento y agua para la preparación de concreto.

#### Documentación de Seguridad – Medio Ambiente

- Política de seguridad y salud en el trabajo
- Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER)
- Análisis de trabajo seguro (AST)
- Permiso escrito para trabajos de alto riesgo (PETAR)
- Lista e identificación de los trabajadores asignados al site.
- Seguro complementario de trabajo de riesgo. (SCTR)
- Formatos SSOMA (Seguridad, salud ocupacional y medio ambiente)

#### *Personal de Obra:*

- Ingeniero Civil residente colegiado.
- Supervisor de prevención de riesgos en la obra
- Cuadrilla para vaciado de concreto (Capataz, operario y ayudantes)

#### *Equipos, Maquinaria y Herramientas en Obra*

- Mezcladora de concreto
- Vibradora de concreto.
- Probetas mínimas necesarias, 06 unidades para la extracción de las muestras de concreto.

- Cono de abrams, martillo de goma y varilla lisa para realizar la prueba de consistencia del concreto.
- Camión Mixer de concreto, en caso aplique concreto premezclado.

#### *Verificaciones de Estructuras.*

- Verificación del solado de las zapatas o plata de cimentación.
- Trazo, niveles, profundidad de excavación.
- Dimensiones de los elementos zapata, platea, pedestal u otros.
- Armadura de acero de refuerzo de la estructura según los detalles del plano, ubicación y alineamiento.
- Acero de refuerzo; cuantías, ubicación, espaciamiento, dobleces, traslapes.
- Distancias y/o trazo de geometría en planta entre centro de ejes de pedestales, según planos
- Recubrimiento de elementos, según planos.
- Encofrado: Condición y estado de la madera para uso de encofrar.
- Encofrado: niveles, verticalidad, rigidez, alineamiento, hermeticidad, etc.
- Colocación de ductería empotrada para aterramientos y otros.
- Plantilla base de torre; colocación y nivelación.
- Pernos de anclaje: Cantidad, diámetro, longitud y tipo de perno.
- Pernos de anclaje: ubicación, nivelación, verticalidad, longitud mínima, libre para fijación de estructura metálica, Grouting y tuerca/ contratruercas



**Fig. N° 49: Cimentación de Concreto armado**  
Fuente: Propia

Con la validación del checklist se procede a autorizar el proceso de vaciado de concreto.

### ***Procedimiento de vaciado de cimentación de concreto armado.***

#### ***Traslado de Concreto Mezclado.***

Se verificará las carretillas de 3 P3 antes de usarlas, teniendo en cuenta que los neumáticos estén en correcto estado.

El operador del trompo procederá a vaciar en las carretillas 3 P3 la mezcla, mientras que los ayudantes sostendrán la carretilla de ambos mangos (asas) para evitar caídas.

El líder de cuadrilla verificará que el trayecto de traslado esté libre de obstáculos y señalizado con conos, cintas de seguridad y/o mallas, procediendo al traslado de la mezcla hasta el punto requerido, a fin de evitar atropellos al personal o choques entre carretillas durante la operación.

#### ***Vaciado de Zapata.***

Se realizará con la colocación del concreto directamente en zanja desde la carretilla sujetando ambos mangos (asas), para lo cual se habilitarán accesos sin obstáculos en la trayectoria del tránsito de las carretillas.

Se procederá al consolidado del mismo a través del proceso de vibrado, para lo cual se hará uso de un equipo vibrador de concreto a combustión

#### ***Vaciado de Pedestales, elementos verticales.***

Se realizará de forma manual, por la parte superior del encofrado

El personal, depositará el concreto que llega en las carretillas haciendo uso de una lampa en baldes de PVC con capacidad de hasta 20 Litros y con un peso de 25 kg como máximo, este balde con la mezcla será trasladado en gradientes de

andamios desde el nivel hasta el nivel requerido con plataforma de andamios, desde ahí se depositará el concreto al interior de los encofrados, esta secuencia será continua hasta alcanzar el nivel de vaciado requerido.

Se procederá al consolidado del mismo a través del proceso de vibrado, para lo cual se hará uso de un equipo vibrador de concreto

Se realizará al concreto fresco un acabado uniforme haciendo uso de herramientas manuales como badilejos, planchas de batir y pulir, regla de aluminio.

### **Pruebas de Calidad**

*Durante la ejecución de la actividad:*

Ensayo de consistencia del concreto del concreto fresco.

El ensayo se desarrolla de acuerdo con lo establecido en la NTP 339.035 o ASTM C143, que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección troncocónica. Se puede clasificar al concreto de acuerdo con su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2" (0 a 5 cm).
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3" a 4" (7,5 a 10 cm).
- Concretos fluidos, con asentamientos con más de 5" (12,5 cm).



**Fig. N° 50: Ensayo de consistencia del concreto.**  
Fuente: Propia

### *Extracción de muestras de concreto.*

Proceso de extracción de muestras de concreto para ensayarlas posteriormente en el laboratorio. El procedimiento esta normado por la N.T.P 339.183 y ASTM C 192. Sea el concreto fabricado en obra o premezclado se requiere un mínimo de 06 probetas por cada elemento estructural.



**Fig. N° 51: Extracción de muestras de concreto**  
Fuente: Propia

### ***Relleno y Compactación.***

#### *Verificaciones previas*

Si el proyecto solicita material de préstamo se debe verificar que el material cumpla las especificaciones solicitadas en el proyecto. Si se requiere material propio se debe tamizar el material y verificar que no contenga residuos y sea uniforme.

#### *Procedimiento*

*El relleno sobre la cimentación será compactado en capas máximo de 20cm al 90% de la prueba Proctor estándar.*

#### *Condiciones de calidad*

*Se debe verificar el nivel de compactación con una prueba de Proctor estándar.*



**Fig. N° 52: Relleno y Compactación**  
Fuente: Propia

### 5.3.2. Cerramiento.

Los tipos de cerramientos más utilizados en la construcción de estaciones base celular son del tipo:

- Albañilería confinada
- Cerco metálico
- Cerco Drywall-polímero.

Las estructuras de concreto armado que componen el cerramiento cumplen las mismas especificaciones de concreto armado presentado en el ítem 5.3.1.

#### ***Albañilería confinada.***

Los cercos de albañilería confinada deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Altura mínima de 2.80m y debe cumplir lo siguientes exigencias indicadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones:
  - Deben de estar aplomados y alineados siendo la tolerancia de verticalidad de 2/1000.
  - Espesor de juntas de 1.0 a 1.5 cm.
  - Todas las juntas deben de estar completamente llenas
  - Mortero de Cemento y Arena con proporción C: A 1:5.

- Las unidades de albañilería deben cumplir los parámetros de Resistencia a la Compresión ( $f'm=145 \text{ Kg/cm}^2$ ) de acuerdo con lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604, Alabeo según Norma NTP 399.613, Absorción la cual no debe ser mayor del 22% (según Norma NTP 399.604 y 399.1613), el porcentaje de orificios está limitada al 25% del área bruta de la cara.
- La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- La conexión columna – albañilería será dentada, la longitud de la unidad saliente no excederá de 5 cm. Se deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas sueltas antes de vaciar el concreto de la columna de confinamiento.
- Cada 3 hiladas de albañilería deberán de colocarse “chicotes” o “mechas” de anclaje, compuesto por doble alambre negro N° 8, que penetren por lo menos 40cm. al interior de la albañilería y el ancho del interior de la columna.
- Los muros tendrán un acabado solaqueado bruñado cubiertos con barniz transparente de forma uniforme.
- La puerta metálica será contraplacada 1.50x2.10m doble hoja y deben contar internamente con dos picaportes superior e inferior
- Las puertas deben contar con un tirador de acero interna y externamente.
- Las hojas de la puerta deben ser de plancha de Fe de  $e=1/16$ ".
- Las puertas deben contar con 4 bisagras de 4"x4" internas
- La puerta metálica tendrá un acabado de 2 capas de pintura anticorrosiva y una capa de esmalte Epoxico color gris
- La cerradura para instalar serán tipo parche de bronce marca Yale para exteriores de 3 golpes con 3 pines de seguridad.
- El acabado de piso será de confitillo o grava triturada de material de préstamo, que puede realizarse de gravilla de rio, piedra partida o rodada de  $1/2$ " y se debe colocar un espesor de 10cm.
- La concertina debe ser de 18" de acero galvanizado instalado con separación de 5 espiras cada metro lineal. Se instala soldando cada 0.70m un punto en una varilla transversal que recorre todo el perímetro del cerco.



**Fig. N° 53: Cerco perimétrico de albañilería**

Fuente: Propia

### ***Planchas metálicas***

- Cerco metálico a base de planchas plegadas de espesor de 2.5mm reforzadas con canales tipo U de 2"x1" galvanizado en caliente.
- Las planchas metálicas son de 2.00m de ancho y 2.40m de alto.
- Las planchas metálicas se instalarán anclados a sobre cimiento armado.
- Las puertas serán doble hoja de las mismas planchas plegadas con una cerradura a instalar serán tipo parche de bronce marca Yale para exteriores de 3 golpes con 3 pines de seguridad
- La concertina debe ser de 18" de acero galvanizado instalado con separación de 5 espiras cada metro lineal. Se instala soportes tipo "Y" soldando cada 0.70m.



**Fig. N° 54: Cerco perimétrico metálico**

Fuente: Propia

### **Drywall/Polímero**

- El cerco de Drywall/polímero tendrá una altura total de 3.15m incluyendo 0.15m de sardinel reforzado de base.
- El cerco de polímero está compuesto por planchas de Plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) de 1.80x3.00m instalado la base de sardinel mediante espárragos anclados.
- El cerco de drywall está compuesto por una estructura de bastidores de tubo cuadrado de 3"x3"x2.0mm con perfiles galvanizados de refuerzo cada 0.60m y Planchas de fibrocemento de e=8mm. Se realiza un acabado empastado y pintado
- La puerta metálica será contraplacada serán de 1.20x2.10m.
- Las puertas deben contar con un tirador de acero interna y externamente.
- Las hojas de la puerta deben ser de plancha de Fe de e=1/16".
- Las puertas deben contar con 4 bisagras de 4"x4" internas.
- La puerta metálica contraplacada tendrá un acabado de 2 capas de pintura anticorrosiva y una capa de esmalte Epoxico color gris
- La cerradura para instalar serán tipo parche de bronce marca Yale para exteriores de 3 golpes con 3 pines de seguridad.
- 



**Fig. N° 55: Cerco perimétrico de albañilería**

Fuente: Propia

## 5.4. ESTRUCTURAS METÁLICAS.

### 5.4.1. Montaje de Torre

#### ***Materiales:***

Los perfiles que conforman la estructura de la torre son de acero ASTM 36, cuya resistencia a la fluencia es de 36ksi (250Mpa) y acero ASTM A572 Gr.50 cuya resistencia a la fluencia es de 50ksi (350Mpa).

Los pernos considerados en las conexiones de elementos principales y secundarios son del tipo Grado 5 o similar.

#### ***Galvanizado.***

Todos los perfiles requeridos para la fabricación de torre deben tener el proceso de galvanizados en caliente por inmersión de acuerdo con la norma ASTM A123 Especificación estándar para recubrimientos de zinc en productos de hierro y acero.

#### ***Pintura***

En caso de superficies de galvanizado nuevo, este debe encontrarse completamente limpio y libre de grasa. Para tal objetivo se deberá realizar una limpieza con trapo, solvente y desengrasante industrial según norma SSPC-SP-I.

Para el pintado de superficies se utilizan 3 capas:

#### Capa Base.

Se deberá aplicar una capa de Epoxi Isocianato Iponlac Primer, a 1 mils de espesor de película seca.

#### Capa Intermedia.

Se deberá aplicar una capa de Esmalte Epoxico Macropoxy 646. a 5.5 mils de espesor de película seca.

### Capa de Acabado.

Se deberá aplicar una capa de Esmalte Poliuretano Sumatane HS, a 2 mils de espesor de película seca.

Según la normativa de aeronáutica civil de las guías de señalamiento e iluminación de obstáculos, las torres que se ubiquen en la cercanía de aeropuertos o aeródromos deben señalarse pintando con bandas verticales alternas de color rojo y blanco. Se debe considerar franjas impares para que la base y la parte superior sean de color rojo. Estas consideraciones no incluyen los sitios que se requieran con mimetizados tipo árbol donde se requiere pintar el Monopolo de color marrón.

### **Consideraciones Previas.**

La revisión de estructuras de la torre se debe realizar desde el proceso de fabricación en taller. Se debe verificar que se cumplan los procedimientos correctos de fabricación, así como la calidad de los materiales utilizados.

Para autorizar el montaje de torre se debe verificar que en obra se cumpla los siguientes requerimientos:

### *Documentos de Obra.*

- Copia de expediente de construcción:
- Cuaderno de Obra legalizado
- Copia de licencia y permisos especiales.
- Plan y cronograma de obra.
- Planos de montaje de torre.
- Packing list de verificación de torre.

### *Personal profesional responsable de Obra.*

- Ingeniero Civil residente colegiado.
- Supervisor de prevención de riesgos en la obra.
- Jefe de la cuadrilla de montaje:

- Personal capacitado en maniobras de ascenso y descenso, izaje de cargas.  
Todo personal montajista involucrado estará bajo su supervisión.
- Grupo de armadores:  
Personal que desempeña la función de clasificar las piezas y realizar un pre-armado en el terreno natural.
- Grupo de armadores:  
Personal que realiza las siguientes actividades en altura.  
Montaje de torre y accesorios
- Grupo de Izaje:  
Personal que desempeña la función de izaje de los elementos mediante la pluma, también se encuentra comprendidos en este grupo el personal que realiza los vientos a la estructura en izaje.

*Equipos, maquinarias y herramientas:*

- Pluma de 9m (cada pluma es 3 cuerpos de 3 metros)
- Driza de  $\frac{3}{4}$ " 250ml
- Poleas de 2TN
- Grilletes de 1",  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{5}{8}$ "
- Llaves mixtas
- Arnés
- Línea de vida
- Cascos y barbiquejo
- Lentes
- Botas
- Guantes
- Tapones
- Teodolito
- Torquímetro
- Brújula
- Camión grúa, en caso aplique.

### **Montaje de Torre Autosoportada**

Las estructuras se mantienen en pie debido a los esfuerzos que se les transmiten a las bases, las cuales permanecen ancladas a las bases fundadas varios metros bajo el nivel del suelo.

Los trabajos de montaje se realizan de acuerdo con los parámetros dados de acuerdo con las instrucciones y planos de montaje de la estructura.

En los planos de montaje se incluirá la información del correcto armado de cada elemento de la torre, como montantes, celosía, escaleras, plataformas de descanso, etc. Además, se indicarán las medidas y cantidades de tuercas, arandelas planas y de presión a ser utilizadas en el montaje de torre.

Todo el acero galvanizado será cargado, transportado y manejado hasta los sitios del montaje con gran cuidado para evitar torceduras en las piezas y daños en el galvanizado.

Las piezas torcidas durante el transporte o en el montaje solamente podrán utilizarse si se puede recuperar sin dañar el galvanizado. Si fuera el caso de que el galvanizado estuviera con daños, se reemplazará la pieza afectada por otra en perfectas condiciones.

Una vez llegado al sitio las estructuras deberán primeramente ser clasificadas por los montajistas de acuerdo con la codificación que se encuentra especificada en los planos de montaje. Se realizará el pre-armado de los elementos necesarios para el montaje.

Se prepararán los recursos para el montaje, se verificará el correcto funcionamiento de materiales y herramientas necesarios para el montaje.

Se acercarán los elementos al lugar de montaje de acuerdo a secuencia o procedimiento de montaje.

Las torres deberán ser montadas por secciones, empezando con el armado y nivelación de las botas, luego armar las montantes y celosías del primer tramo pieza por pieza, para el armado de los tramos superiores se utilizarán sistemas de cuerdas y poleas, plumas, tecles, winches.

Durante el montaje de estructuras permanentemente se deberá estar controlando la verticalidad de esta, en cada tramo la apretada de pernos será obligatoria para que pueda haber una distribución adecuada de los esfuerzos de las cargas vivas, muertas, pero sin que impida el montaje y alineamiento de los tramos que se armen posteriormente.

Una vez finalizado el montaje del último tramo, todos los pernos deberán ser ajustados dentro de los límites de torque especificados.



**Fig. N° 56: Proceso de Montaje de Torre Autosoportada.**  
Fuente: Propia

### **Montaje de Monopolo.**

El responsable de seguridad junto con el supervisor del Montaje, revisarán e inspeccionarán el área de la maniobra, la grúa, los equipos de izaje y la carga a montar, para verificar algún cambio o modificación en la maniobra.

Se debe retirar todos los obstáculos de las rutas de acceso del área de la maniobra y principalmente que no haya personal trabajando en el área.

El supervisor del montaje y el maniobrista principal estarán colocados en lugares donde se pueda observar la operación de la carga y ser claramente visibles al operador de la grúa durante la maniobra realizando además las señales reglamentarias.

El trabajo de izaje debe comenzar solo después de confirmarse, con una revisión preliminar que la grúa está funcionando correctamente. La estructura deberá ser colocada debajo de las bandas o eslingas, luego se procede a asegurar los topes después de tenerla en posición.

El ángulo de operación de la cabeza de grúa durante la operación no deberá exceder de 30 a 70 grados a menos que se indique otra especificación en la maquinaria y el factor peso carga. Cuando se usa el pico de la grúa debe minimizarse la longitud. Debe proporcionarse un ángulo indicador al operador de la grúa para revisar visualmente el ángulo de la cabeza. Las cabezas de grúa deben asegurarse en la posición específica cuando no se use.

La grúa nunca debe cargarse en exceso de acuerdo con el rango estipulado por el fabricante. El levantamiento de carga para cada grúa debe controlarse dentro de un 90% de una carga máxima de levantamiento.

El izamiento de carga debe incluir la carga muerta del gancho, el sistema de poleas y cables de acero.

Durante el trabajo de izamiento, la operación debe supervisarse cuidadosamente para evitar el izamiento apresurado, suspensión prolongada de la carga y el

izamiento que sobrepase el límite permisible. Debe prohibirse el levantamiento y las detenciones abruptas.

Debe prohibirse la rotación e izamiento simultáneo o el movimiento de rotación de cabeza. La cabeza debe moverse lentamente para no producir fuerza centrífuga en el equipo o estructura que se está izando.

Los trabajadores tienen prohibido el subirse o montarse sobre el equipo o material que se esté levantando o balanceando.

Al instalar los cuerpos del Monopolo todos los pernos deberán ser ajustados dentro de los límites de torque especificados.



**Fig. N° 57: Proceso de Montaje de Monopolo**  
Fuente: Propia

### *Ejecución de mediciones, revisión y control*

Ejecutar las mediciones y revisiones generales de los eventos montados, de acuerdo con especificaciones técnicas y normativas del proyecto.

Reportar a su supervisor directo las mediciones y revisiones generales realizadas de acuerdo con normas y documentación de la empresa.

### *Prueba de Verticalidad.*

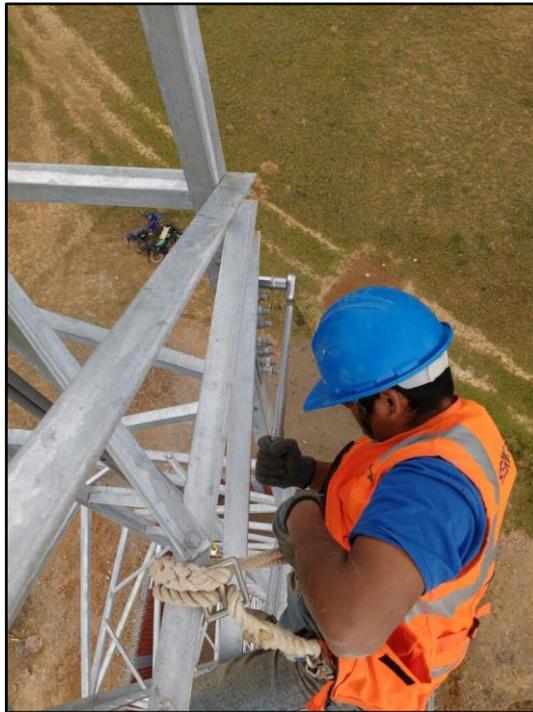
La prueba de verticalidad se realizará según la Norma ANSI /TIA/222-G que indica que la distancia horizontal entre los ejes verticales en dos niveles cualquiera en toda la altura de la estructura no deberá ser mayor que 0.25 por ciento de la distancia vertical entre los dos niveles en el caso de las estructuras de celosía y 0.50 por ciento en el caso de las estructuras tubulares tipo monopostes.



**Fig. N° 58: Prueba de Verticalidad**  
Fuente: Propia

### *Prueba de Torque*

El protocolo de torque se realiza con los parámetros establecidos en el ASTM A325 donde se especifica las torques requeridas según el diámetro de los pernos. La prueba se realiza con el torquímetro que debe estar correctamente calibrado.



**Fig. N° 59: Prueba de Torque**  
Fuente: Propia

### ***Control de calidad***

Se registrarán las siguientes pruebas y certificados del montaje de las estructuras:

- Certificado de Calidad de Acero
- Certificado de Galvanizado
- Certificado de Prueba de Torque de pernos de torre
- Certificado de Verticalidad de Torre
- Certificado de Espesor de Pintura de Torre
- Verificación con nivel de mano de los soportes de antena RF-MW
- Medición del azimut de los soportes de antena RF - MW

### **Condiciones de seguridad.**

- Las jornadas laborales se realizarán con condiciones climáticas adecuadas, no se permitirá trabajos cuando llueva, se presente neblina o granizada.
- El área de trabajo tiene el espacio adecuado para realizar las maniobras correspondientes para un montaje adecuado de la torre
- Barrera de seguridad / Señalización: se utilizará para cercar o señalar el lugar, para evitar el ingreso de personas al lugar de la operación. Los materiales para usar son: cinta amarilla con la frase PELIGRO o malla de seguridad color naranja.
- Almacenamiento de materiales: Se debe de cuidar que el orden de almacenamiento se efectúe de acuerdo con la secuencia de utilización de éstos en la continuación del montaje Torre.
- Los tornillos y tuercas deben clasificarse y agruparse de acuerdo con las diferentes conexiones de los elementos de la torre, cuidando a su vez que se encuentren en buenas condiciones para su utilización.
- Comunicación: En obra se contará con dos equipos de comunicación (Walkie talkie), entre el personal que se encuentre en la parte baja con el personal que se encuentre en la parte alta.
- Todo personal montajista debe pasar por exámenes médicos que certifiquen su capacidad física de poder realizar este tipo de trabajos.
- Todo personal montajista debe acreditar tener experiencia técnica certificada para realizar trabajos de alto riesgo en altura.
- En ningún caso se autorizará la ejecución de otras actividades mientras se realice la actividad del montaje.

- Todo personal de obra asignado a la labor a de montaje de torre recibirá las siguientes capacitaciones.

#### Charlas de Inducción

El personal recibirá una charla de inducción en seguridad, donde se remarcará el tema de “Trabajos en Altura”. Todos los trabajadores deberán recibir dicha charla, caso contrario no podrán desarrollar ninguna actividad en obra.

#### Charla de 5 minutos

Todos los días, al inicio de la jornada laboral, el profesional residente en obra expondrá una charla no menor de 5 minutos, sobre temas de seguridad en el trabajo y las normas a seguir en la instalación de torres.

#### Análisis de Trabajo Seguro.

El residente juntamente con el personal a su cargo deberá identificar los peligros asociados a las actividades realizadas, evaluar los riesgos a los que se encuentran expuestos y luego en conjunto, determinar las medidas preventivas del caso.

- Todo equipo de protección será inspeccionado antes del inicio de las actividades y debe quedar registrado en el formato de inspección de equipos.
- Toda actividad iniciará previo llenado del permiso de trabajos en altura



**Fig. N° 60: Personal Capacitado en Trabajos en Altura**  
Fuente: Propia

## **5.4.2. Carpintería metálica.**

### ***Generalidades.***

Las estructuras consideradas dentro de la carpintería metálica son las siguientes:

- Escalerilla rack
- Soportes de escalerilla
- Soportes para instalación de concertina
- Soportes para cobertura de equipos y tableros.
- Marcos y tapas de buzones de pase.
- Plataformas metálicas
- Escalera de gato y guarda cuerpo
- Barandas de seguridad.

### ***Verificaciones previas.***

El acero para la fabricación de la carpintería metálica debe ser ASTM 36

Todas las estructuras de la carpintería metálica deben tener el proceso de galvanizados en caliente por inmersión de acuerdo con la norma ASTM A123

Se debe verificar en la llegada a obra que todo material este en buen estado, no se aprecie restos de soldadura y que visualmente el galvanizado sea uniforme

Se debe verificar que las piezas estén completas y cumplan las dimensiones y especificaciones del proyecto validado.

### ***Procedimiento de instalación.***

Se debe presentar la base o fijaciones de la estructura, según los planos validados, para realizar las perforaciones de los anclajes en la estructura existente.

Para la instalación de los anclajes en concreto se utilizará un aditivo tipo Epoxico que aseguren una correcta y segura fijación.

Se procede a la instalación revisando el nivel vertical u horizontal de la estructura.

Todas las estructuras contarán con doble tuerca y se ajustarán en partes asegurando el nivel correcto de instalación.

No se permitirá adecuaciones, cortes, ni soldaduras en las estructuras metálicas ya que ocasionarán daño en la capa de galvanizado.

Se debe asegurar utilizar las dimensiones adecuadas de los pernos. No se permitirá corte de pernos ya que generarán daño en la capa de galvanizado.

Se podrá utilizar galvanizado en frio en posibles zonas de la estructura que se vean afectadas por el proceso normal de instalación y no sean afectaciones críticas a la capa de galvanizado.

Todas las estructuras estarán aterradas a la barra bornera EGB. De ser estructuras formadas por piezas se debe dar continuidad al aterramiento mediante Jumpers de conexión.

*Pruebas de calidad:*

- Certificado de calidad de acero
- Certificado de galvanizado de estructuras.

*Condiciones de seguridad*

El personal asignado para este tipo de actividades debe contar con los implementos de seguridad requeridos.

Se debe contar con respiradores para el proceso de utilización del epoxico de anclaje y protección manual para su preparación.

*Condiciones medio ambiente – residuos sólidos.*

Se debe acopiar correctamente el material tóxico utilizado para esta actividad, envases y residuos del epoxico utilizado para el anclaje

Toda estructura metálica y pernería debe estar acopiada y dispuesta para su reutilización.



**Fig. N° 61: Escalerilla Rack – Soporte de cobertura de equipos**  
Fuente: Propia



**Fig. N° 62: Plataforma Metálica**  
Fuente: Propia

## 5.5. INSTALACIONES ELECTRICAS

### 5.5.1. Conexión de medidor

#### ***Consideraciones generales:***

El medidor de energía será solicitado e instalado por la concesionaria eléctrica. En sitios urbanos, donde existen redes eléctricas se solicitará un medidor en baja tensión monofásico con potencia contratada de 9.9Kw.

El tiempo promedio de gestión de instalación de un medidor en baja tensión es de 30-45 días por lo que se requiere iniciar la gestión en la etapa de saneamiento y permisos para así poder garantizar la energía eléctrica al final de la obra.

En sitios rurales, donde no existen redes eléctricas, se requerirá un sistema de utilización en media tensión. Se solicitará un medidor con potencia contratada de 20Kw, el nivel de tensión se especificará en la factibilidad y punto de diseño.

El tiempo promedio de gestión de instalación de un sistema de utilización de media tensión es de 180 días por lo que se requiere iniciar la gestión en la etapa inicial del proyecto donde se revisará su viabilidad técnica para su ejecución.

Debido al costo, tiempo y característica del proyecto, se requerirá una contratista especialista en esta gestión, por lo general diferente a la contratista de obra civil

#### ***Procedimiento para la contratación de suministro en baja tensión.***

- *Solicitud de factibilidad y presupuesto de conexión de nuevo suministro.* Se presenta a la concesionaria eléctrica los documentos requeridos para solicitar un nuevo suministro para la estación base celular.
- *Factibilidad y presupuesto de conexión de suministro.* La concesionaria eléctrica emite un documento con la factibilidad del nuevo suministro donde se detallan los requerimientos previos, ubicación y dimensiones del nicho o murete y el presupuesto para su instalación.

- *Autorización para trabajos en vía pública.* En sitios urbanos, la concesionaria de energía solicita tramitar un permiso en la municipalidad competente para que puedan realizar los trabajos de conexión del nuevo medidor con la red existente.
- *Construcción de nicho o murete.* El nicho o murete se instalarán según el tipo de estación base celular a construir.

En sitios urbanos privados, los medidores se instalarán en la fachada del predio para lo cual se construirá un nicho para el medidor con las especificaciones solicitadas y dejando listo la línea de carga para su conexión. En caso la estación base celular se construya en la fachada del predio se instalará en el cerco perimétrico.

En sitios urbanos públicos, los medidores de energía se instalarán en la vía pública según la ubicación indicada en la factibilidad. Se instalará un murete prefabricado con un mástil metálico dejando lista la línea de carga para su conexión. Según la ubicación del murete se puede requerir construir una extensión de red de baja tensión hasta la estación base celular, esta línea puede ser mediante postes de concreto o canalización subterránea.

- *Instalación de suministro:* Con el pago de presupuesto, el concesionario eléctrico procede a programar la instalación del nuevo suministro dejando como constancia un acta de instalación que incluye las mediciones de prueba

#### ***Procedimiento para la contratación de suministro en media tensión.***

- *Solicitud de factibilidad y punto de diseño:* Se presenta a la concesionaria eléctrica los documentos requeridos para la obtener factibilidad y punto de diseño.
- *Factibilidad eléctrica y fijación del punto de diseño:* Documento emitido por la concesionaria eléctrica donde se otorga la factibilidad y se define la ubicación de la estructura existente de la red eléctrica desde donde iniciará nuestro

proyecto de media tensión, así mismo se indican los lineamientos técnicos para la elaboración del expediente técnico.

- *Solicitud de revisión de Expediente técnico de proyecto:* Se presenta a la concesionaria el expediente técnico del sistema de utilización de media tensión siguiendo las especificaciones de la factibilidad eléctrica.
- *Conformidad técnica del proyecto:* Documento emitido por la concesionaria eléctrica dando conformidad al proyecto e indicando los requisitos y permisos previos para el inicio de obra
- *Solicitud de Inicio de Obra.* Con los requerimientos y permisos obtenidos se solicita a la concesionaria la autorización de inicio de obra
- *Resolución de autorización de inicio y supervisión de Obra:* Documento emitido por la concesionaria autorizando el inicio de los trabajos.
- *Ejecución de Obra.* Proceso constructivo del sistema de utilización de media tensión que incluye las siguientes partidas:
  - Excavación para postes y pozos a tierra
  - Acarreo de postes y materiales
  - Instalación de postes de CAC y accesorios de concreto
  - Instalación de retenidas
  - Instalación de pozos a tierra y puesta a tierra en estructuras
  - Tendido y flechado de cable aéreo
  - Montaje de transformador y transfomix
  - Instalación de tablero de control.
- *Solicitud de Inspección y pruebas.* Luego de culminada la ejecución de obra se solicita a la supervisión la inspección y pruebas.
- *Inspección y pruebas:* La supervisión procede a inspeccionar y realizar las pruebas eléctricas a los transformadores, transfomix y los pozos a tierra. De tener alguna observación se procede con el levantamiento de observaciones. Con la validación supervisión el acta final de inspección y pruebas aprobadas.

- *Solicitud de conformidad de Obra.* Se presenta a la concesionaria un expediente de conformidad de obra con los detalles de la obra concluida.
- *Conformidad de Obra.* Con la validación de la supervisión y la concesionaria se emite una conformidad de obra quedando lista para su funcionamiento.
- *Solicitud de empalme a red existente.* Se solicita a la concesionaria eléctrica una programación para empalmar la red existente con nuestra red construida. La concesionaria indicando una fecha próxima de mantenimiento de su red donde se podría ejecutar este empalme, en caso de no tener fechas próximas se puede solicitar a la concesionaria un empalme con líneas energizadas.
- *Empalme a red:* Trabajo de conexión de la red de media tensión construida a la red existente. La concesionaria verificará las mediciones eléctricas posteriores al empalme para dar su conformidad al trabajo.
- *Solicitud de Suministro:* Con el empalme red validada y la conformidad de obra se procede a solicitar y pagar el servicio de la instalación del suministro eléctrico
- *Instalación de suministro:* El concesionario eléctrico procede a programar la instalación del suministro dejando como constancia un acta de instalación que incluye las mediciones de prueba.

***Pruebas de calidad:***

Se realizarán las mediciones del suministro eléctrico con un personal técnico capacitado con los implementos de seguridad requeridos y con equipos de medición correctamente calibrados. Se realizarán las siguientes mediciones:

- Medición de Tensión en salida de interruptor.
- Medición de Corriente con interruptor abierto y cerrado para verificar alguna fuga en las conexiones.

## 5.5.2. Montaje de Tablero Eléctrico

### **Verificaciones previas**

- Los tableros eléctricos deben venir ensamblados de fábrica.
- Se verificarán los acabados del tablero, equipos internos de acuerdo con las especificaciones, señalizaciones y el funcionamiento de bisagras y cerraduras
- Se debe contar con una copia del diagrama unifilar en la puerta del tablero.
- No se permitirán ensambles de accesorios ni adecuaciones en obra a excepción que sea un personal de la empresa fabricante.
- El personal asignado para la ejecución debe ser un personal técnico calificado y debe contar con todos los implementos de seguridad requeridos.

### **Procedimiento para el montaje del tablero:**

- Los tableros eléctricos se instalarán adosados a los muros de albañilería o en soportes metálicos en caso de cercos metálicos, drywall o polímero.
- Se debe verificar el alineamiento y ubicación de acuerdo con planos validados.
- Se debe verificar que los anclajes o soportes estén correctamente instalados.
- Las tuberías de llegada deben estar alineadas y verticales
- El ingreso de tuberías al tablero se debe sellar con espuma expandible.
- Los cables que ingresan y salen del tablero deben estar peinados y etiquetados.
- El tablero eléctrico debe estar correctamente aterrado a una barra bornera exterior.

### **Pruebas de calidad:**

El tablero debe contar con el siguiente protocolo de pruebas de fábrica:

#### *Inspección visual y prueba estructural:*

- Inspección visual mecánico
- Barras Cu
- Inspección de embalaje

*Pruebas de aislamiento y continuidad:*

- Prueba de continuidad de fases
- Prueba de funcionamiento de equipos
- Pruebas de aislamiento.

Con el tablero energizado se realizarán las siguientes pruebas en obra:

- Medición de Tensión en salida de interruptor.
- Medición de Corriente con llave abierta y cerrada.



**Fig. N° 63: Tablero Eléctrico – Vista Exterior.**  
Fuente: Propia



**Fig. N° 64: Tablero Eléctrico – Vista Interior.**  
Fuente: Propia

### **5.5.3. Sistema de puesta a tierra.**

#### ***Verificaciones previas***

Se debe realizar el trazado en terreno de los pozos a tierra y su interconexión

Se debe verificar que los materiales requeridos para la construcción del sistema de puesta a tierra estén completos y cumplan las especificaciones requeridas.

#### ***Conductor de Cobre***

Los conductores deben ser de cobre electrolítico de 99.99% de pureza mínima se conectarán mediante soldadura exotérmica a los electrodos. No se permitirá la instalación con conectores manuales.

#### ***Electrodo Puesta a Tierra:***

Varilla de Cobre electrolítico 99.99% de pureza mínima. Se verificará que el electrodo sea uniforme y libre de imperfecciones. Diámetro mínimo 5/8" y longitud 2.40m según diseño SPAT.

#### ***Terreno de cultivo.***

Material granular con propiedades minerales que lo hacen conductivo y que sirven de relleno al pozo a tierra. Se debe verificar la uniformidad del material.

#### ***Bentonita Sódica.***

Material con capacidad de absorber humedad que sirve para el tratamiento de tierras colaborando que la conductividad sea prolongada en el tiempo.

#### ***Cemento Conductivo.***

Incrementa el área de contacto de los electrodos disminuyendo la resistencia eléctrica. Al contacto con la humedad del medio o agregada, inicia el proceso de fraguado formando un conductor eléctrico de mayores dimensiones.

#### ***Cajas de Registro.***

Deben ser de prefabricado de concreto. La tapa debe estar pintada de color amarillo e identificado con letras color negro. No se aceptarán tapas de PVC

### **Soldadura Cadweld.**

Sistema de soldadura aluminotérmica. Produce unión molecular generando una óptima y permanente conexión de accesorios. Se requieren los materiales:

Molde: molde de grafito tipo cable-varilla y cable-superficie.

Soldadura: material soldante, es una mezcla de óxido de cobre y aluminio en forma de pastillas circulares, incluye también el polvo iniciador de la reacción.

### **Procedimiento constructivo para la construcción del pozo.**

- Se realiza la excavación de pozos de 0.80 de diámetro y 3.00m de profundidad.
- Se procede a humedecer las paredes y la parte del fondo del pozo para reactivar las sales naturales del material natural.
- Se procede a cernir la tierra de cultivo en malla cocada  $\frac{1}{2}$ " y se mezcla con bentonita sódica 60kg (dos sacos de 30Kg) por metro cúbico de tierra.
- Se procede a colocar una capa de tierra de cultivo mezclado con bentonita sódica de 0.30m de altura
- Se coloca en el centro del pozo el electrodo de cobre junto con un molde de PVC de 4" de diámetro y 0.50m de longitud cubriendo el electrodo de cobre.
- Se aplica en el interior del molde el cemento conductivo mezclado con agua en proporción de 50Kg (dos sacos de 25kg) por cada pozo.
- Se aplica en el exterior del molde la tierra de cultivo con bentonita (60kg por m<sup>3</sup> de tierra) compactadas con agua en capas de 0.20m
- Repetir el proceso hasta cubrir el 85% del electrodo.
- 



**Fig. N° 65: Procedimiento constructivo del pozo a tierra.**

Fuente: Propia

### ***Procedimiento Constructivo para la interconexión de pozos***

- Se realiza la excavación de la zanja de interconexión 0.60m de ancho x 0.40m de profundidad.
- Se proceder a humedecer y colocar una capa de 0.40 ancho x 0.20m de profundidad de tierra de cultivo mezclada con bentonita sódica en proporción de 60kg (dos sacos de 30kg) por 1m<sup>3</sup> de tierra.
- Se aplica 3cm de cemento conductivo en seco, luego se proceder a colocar el cable desnudo de Cu seguido de otra capa de 3cm cemento conductivo a lo largo de toda su longitud. Se utilizará un saco de 35kg por cada 1.8ml de zanja.
- Se completa el relleno usando la tierra de cultivo saturada con bentonita, compactando y agregar agua hasta llegar al nivel del piso terminado.

### ***Procedimiento para la soldadura exotérmica.***

- Se limpia y se retira cualquier impureza de los conductores y moldes. Los conductores deben estar limpios y secos.
- Antes de realizar la primera soldadura se debe calentar el molde de grafito con un soplete para eliminar la humedad interna. Este paso es muy importante debido a que la principal causa de salpicadura es la humedad en el molde.
- Se colocan los conductores en el molde y se cierran las pinzas. Se debe verificar que cierren herméticamente y estén bien sujetos.
- Se colocan las tabletas en la tolva del molde. Las tabletas requeridas están grabadas en el mismo molde.
- Se coloca el 60% del contenido del sobre con el polvo iniciador a modo de mecha sobre el molde hasta la tolva y esparza el resto sobre la superficie de la última tableta colocada.
- Se procede a cerrar la tapa del molde. Se debe asegurar que la palanca de seguridad debe estar cerrada de forma que no es posible que salga ninguna chispa.
- Se inicia la reacción con un chisquero sobre el polvo iniciador extendido como una mecha desde el borde del molde hasta la tolva. Se debe alejar del molde una vez iniciado la reacción.

- Tras la reacción, se espera 30 segundos antes de abrir el molde para asegurar la solidificación del fundido. Se debe abrir el molde utilizando pinzas adecuadas y guantes de seguridad. Se procede a la limpieza del molde
- Luego de limpiar las soldaduras se procede a la instalación de las cajas de registro prefabricados de concreto.

**Pruebas de calidad:**

Con todo el sistema de puesta a tierra instalado se elaborará el protocolo de medición de resistencia del sistema. El protocolo debe contener la siguiente información:

- Datos del Equipo Telurómetro: modelo y número de serie.
- Fecha de calibración de equipo.
- Fecha de carga de baterías.
- Criterio de aceptación  $< 5\Omega$
- Método de medición utilizado: Método del 62%
- 03 lecturas de medición por cada pozo instalado.
  - o Lectura 1: Pica electrodo de tensión al 52% de D
  - o Lectura 2: Pica electrodo de tensión al 62% de D
  - o Lectura 3: Pica electrodo de tensión al 72% de D
- Valor promedio aritmético de las 03 lecturas.
- Observaciones y resultados.



**Fig. N° 66: Pozo a tierra terminado.**  
Fuente: Propia

### **Condiciones de seguridad.**

Se debe verificar el cumplimiento de las medidas preventivas de seguridad para los trabajos de alto riesgo:

- Excavación de pozos a tierra.
- Manipulación de materiales químicos para el tratamiento del pozo a tierra.
- Trabajos en caliente por los trabajos de soldadura Cadweld

Todo personal que participe de estos trabajos contará con sus EPPs completos.

Todo personal asignado para estos trabajos será personal capacitado y con experiencia en este tipo de actividades.

El personal recibirá la charla de seguridad específica y así mismo se elaborará el análisis de trabajo seguro y los permisos para trabajos de alto riesgo.

Los trabajos de excavación se señalizarán con cintas de seguridad.

### **Medio ambiente y disposición de residuos.**

El contratista dispondrá en su zona de trabajo de cilindros según código de colores para desechar los residuos clasificados generados por sus actividades constructivas.

El material excedente de excavación o tierra de cultivo debe ser reutilizado o dispuesto para un nuevo uso a un tercero.

Se debe verificar que los restos de material tóxico utilizados (bentonita, cemento conductor, soldadura) sean acopiados correctamente para su disposición final con una empresa operadora de residuos sólidos y se cumpla el protocolo de manejo de residuos tóxicos.

Estas disposiciones también aplican para el mantenimiento preventivo o correctivos de los pozos a tierra en las estaciones base puesta en marcha.

#### **5.5.4. Conexiones de energía y aterramiento**

##### ***Verificaciones previas***

Todos los materiales para las conexiones de energía y aterramiento deben cumplir con especificaciones técnicas mínimas:

##### ***Alimentadores:***

Los cables del sistema eléctrico serán del tipo THW de marca reconocida, no se permitirán empalmes y se utilizarán los colores normados por el código nacional de electricidad.

Los cables del sistema de aterramiento serán del tipo TW color amarillo y serán conectados a las barras borneras mediante terminales de conexión doble ojo.

##### ***Tuberías:***

Todas las tuberías utilizadas serán del tipo PVC-SAP (Estándar Americano Pesado) y su diámetro se presentará en pulgadas.

Todas las tuberías, uniones y curvas a usarse serán de un solo color (gris) no se permiten diferentes colores.

Todas las tuberías se instalarán con un guía pasa cable para facilitar el posterior cableado. Se sellarán las salidas de las tuberías con espuma expansiva.

##### ***Cajas de Pase.***

Todas las salidas para derivaciones de la instalación se harán con cajas metálicas de fierro galvanizado pesadas

##### ***Equipos***

Todo equipo o accesorio para instalar serán nuevos. No se aceptarán ningún elemento ni accesorio de segundo uso.

Se debe verificar que cumplan las especificaciones solicitadas con la hoja técnicas de los productos y garantía de fabricante o proveedor.

### Luminarias:

Las luminarias ubicadas en la parte superior del tablero serán del tipo BPL de potencia 18W. Se debe asegurar su correcta colocación e instalación.



**Fig. N° 67: Luminaria Tipo BPL**  
Fuente: Propia

Las luminarias ubicadas en las zonas de equipos serán tipo reflector de una potencia 100W o similar. Se debe asegurar su correcta colocación e instalación.



**Fig. N° 68: Luminaria Tipo Reflector**  
Fuente: Propia

### ***Tomacorrientes e interruptores.***

Los tomacorrientes serán dobles universales con espiga a tierra y los interruptores serán dobles, ambos tipos Idrobox. Se debe sellar con silicona todo el contorno y verificar la correcta colocación de los dados.



**Fig. N° 69: Tomacorriente doble.**  
Fuente: Propia

### ***Luz de balizaje.***

La luz de balizaje son luces intermitentes que sirven como protección a vuelos de baja altura, se instalan en la parte superior de la torre y se alimentan del tablero de energía donde se tiene un control timer para su funcionamiento.

Para torres mayores a 30m se instalan 02 niveles, uno en la parte superior de la torre y otro en la parte intermedia.



**Fig. N° 70: Luz de Balizaje**  
Fuente: Propia

### ***Barras Borneras***

Barras de Cu electrolítico 99.99% de pureza. Se debe instalar con aisladores y pernerías doble tuerca. Se debe dejar con acabado de grasa conductiva.

- *Barra MGB (Master Grounding Bar).* Barra a nivel de piso encargada de centralizar el sistema de puesta a tierra. Esta barra está conectado directamente al pozo a tierra mediante soldadura Cadwell.

- Barra EGB: Barra a nivel de piso donde se conectan los aterramientos de las estructuras metálicas. Esta barra debe estar conectada mediante terminales de conexión doble ojo con la barra MGB
- Barra RF: Barras a nivel de torre donde se conectan los aterramientos de las antenas. Esta barra debe estar conectada mediante terminales de conexión doble ojo con la barra MGB.
- Barra RF-T: Barra a nivel de piso en la losa de equipos donde se conectan los aterramientos de los equipos de radio. Esta barra debe estar conectada mediante terminales de conexión doble ojo con la barra MGB.



**Fig. N° 71: Barra Bornera**  
Fuente: Propia

### **Pararrayos.**

El pararrayo debe ser modelo Tetrapuntal tipo Franklin. La bajada de cable debe ser de material de cobre desnudo e instalado mediante soportes con aisladores en todo el montante de la torre. Al llegar a la altura de 3.00m se debe cubrir con tubería PVC hasta el nivel del piso donde se conectará mediante soldadura exotérmica a un pozo a tierra.



**Fig. N° 72: Pararrayos Tipo Franklin.**  
Fuente: Propia

***Pruebas de calidad:***

Con los equipos y accesorios instalados se realizan las pruebas eléctricas y de aterramientos de todo el sistema.

***Condiciones de seguridad.***

Todo personal que participe de estos trabajos contará con sus EPPs completos y contará con experiencia calificada.

Los pararrayos, luz de baliza y barras borneras serán instalados por el personal montajista en el proceso de montaje de torre, los cableados a nivel de piso serán instalados por el técnico eléctrico, para las pruebas de funcionamiento se realizará con apoyo de personal montajista especialista en trabajos en altura.

***Medio ambiente y disposición de residuos.***

El contratista dispondrá en su zona de trabajo de cilindros según código de colores para desechar los residuos clasificados generados por sus actividades constructivas. Todo material de cableado será acopiado para su reciclaje o destinado para su reutilización.

## **5.6. ACEPTACIÓN DE OBRA**

### **5.6.1. Verificaciones previas:**

Para solicitar la aceptación de Obra luego de haber concluido todas las partidas de construcción se debe enviar digitalmente al usuario final la siguiente documentación:

- Informe fotográfico final de obra
- Acta de instalación del suministro de energía.

Para programar la aceptación se debe cumplir con los siguientes requisitos:

#### **Documentación de Obra y especificaciones**

- Planos Asbuilt de todas las especialidades.
- Planos detalle de la estructura de torre.
- Cuaderno de obra
- Acta de conformidad y no adeudos del propietario del predio
- Constancia de no adeudos del personal de zona,

#### **Personal, profesional responsable de obra**

- Ingeniero Civil colegiado, residente de obra
- Persona técnico de apoyo para realizar las pruebas de calidad.

#### **Equipos, maquinarias y herramientas:**

- GPS, validar coordenadas geográficas de ubicación.
- Brújula profesional, verificación de los azimuts de los soportes instalados.
- Wincha de 30-50m, validación de dimensiones finales.
- Nivel de mano de 2' longitud, validar niveles y puesta aplomo
- Vernier o pie de rey, validación de dimensiones de los perfiles de torre.
- Telurómetro, validar resistencia y continuidad del sistema de tierra.
- Equipo topográfico, validar verticalidad de la estructura
- Torquímetro, verificación de ajuste de pernos.
- Equipo para medición de espesores de pintura o galvanizado.

- Equipo para medición de voltaje y amperaje.
- Certificados de calibración de los equipos a utilizar.
- Formatos de protocolos para las mediciones de control de calidad.

### 5.6.2. Protocolo de Aceptación Preliminar de Obra.

Se presenta un protocolo de revisión tipo checklist según un formato estándar de supervisión en proyectos de telecomunicaciones.

| I.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO: |  |              |  |                |  |
|-----------------------------------|--|--------------|--|----------------|--|
| Nombre Site:                      |  | Site ID:     |  | Tipo de Site:  |  |
| Dirección:                        |  | Distrito:    |  | Prov. / Dpto.: |  |
| Contratista:                      |  | Tipo Torre:  |  | Tipo Energía:  |  |
| Inicio de Obra:                   |  | Fin de Obra: |  | Fecha:         |  |

|            |      |  |
|------------|------|--|
| 1. General | 1.01 | Llaves y/o otros dispositivos para el acceso al site                     |
|            | 1.02 | Factibilidad para ingreso de equipos (Escaleras, Ascensor, ductos, etc.) |
|            |      | <b>DOCUMENTACIÓN</b>   |
|            | 1.03 | Acta de conformidad del propietario                                      |
|            | 1.04 | Acta de no adeudos   |
|            | 1.05 | Planos As Built  |
|            | 1.06 | Formato de liquidación + hoja de metrados                                |

|                              |                                 |  |
|------------------------------|---------------------------------|--|
| 2. Torre / Monopolo / Mástil | 2.01                            | Pedestales en Torres / Monopolos y Mástil en buen estado con caídas vertebrales. |
|                              | 2.02                            | Pintura en pedestales de Torre / Monopolos y Mástil                              |
|                              | 2.03                            | Certificado de resistencia de concreto   |
|                              |                                 | <b>MÁSTIL</b>  |
|                              | 2.04                            | Galvanizado de mástil y soportes de antenas                                      |
|                              | 2.05                            | Pintura de mástiles  |
|                              | 2.06                            | Rigidez y Nivelación de mástil.  |
|                              | 2.07                            | Ausencia de daños, cortes, dobleces en el mástil                                 |
|                              | 2.08                            | Los brazos y/o Arriostres están bien sujetos.                                    |
|                              |                                 | <b>MONOPOLO/TORRE AUTOSOPORTADA</b>  |
|                              | 2.09                            | Galvanizado de estructura y soporte de antenas                                   |
| 2.10                         | Rigidez de Torres / Monopolo.   |  |
| 2.11                         | Nivelación del Monopolo / Torre |  |

|      |                    |   |
|------|--------------------|---|
|      | 2.12               | Verticalidad del Monopolo / Torre   |
|      | 2.13               | Plataformas intermedias y superior de la torre  |
|      | 2.14               | Soportes de antenas RF (estándar, Azimuth, Verticalidad, etc.)                                    |
|      | 2.15               | Soportes de antenas MW (estándar, Azimuth, Verticalidad, etc.)                                    |
|      | 2.16               | Guarda cuerpo de escalerilla (si es que aplica en proyecto)                                       |
|      | 2.17               | Ubicación e instalación de Línea de Vida  |
|      | 2.18               | Existencia de pararrayos (ángulo de cobertura 45 grados)  |
|      | 2.19               | Luz de balizaje, cantidad de luces y ubicación  |
|      | 2.20               | Presencia de soporte y aisladores guía del cable, altura de pararrayos, zona de protección de 45° |
|      | 2.21               | Pintura   |
|      | 2.22               | Número completo de pernería y tuercas   |
|      | 2.23               | Capuchones Engrasados   |
|      | 2.24               | Galvanizado de pernería y tuercas   |
|      | 2.25               | Ausencia de daños, cortes, dobleces en la estructura  |
| 2.26 | Soporte pararrayos |   |

|                        |      |   |
|------------------------|------|---|
| <b>3. Escalerillas</b> | 3.01 | Escalerilla Rack exterior e interior según proyecto                           |
|                        | 3.02 | Terminal de escalerilla Rack  |
|                        | 3.03 | Numero completo de pernería y tuercas en escalerilla                          |
|                        | 3.04 | Galvanizado de Escalerilla Rack, pernos y tuercas según proyecto              |
|                        | 3.05 | Ausencia de daños, cortes, dobleces en la estructura                          |
|                        | 3.06 | Instalación correcta: cantidad, altura, rigidez y alineamiento según proyecto |
|                        | 3.07 | Conexión al Sistema de Aterramiento   |
|                        | 3.08 | Aterramiento en los puntos de unión de escalerillas                           |
|                        | 3.09 | No debe presentar rugosidades y debe ser galvanizado                          |

|                                   |      |  |
|-----------------------------------|------|--|
| <b>4. Sistema de Aterramiento</b> | 4.01 | Pozos de tierra (cantidad y ubicación según diseño)                                      |
|                                   | 4.02 | Conexión del sistema de tierra a electrodo con soldadura Cadweld                         |
|                                   | 4.03 | Tapa de pozo identificada y en buen estado   |
|                                   | 4.04 | Pararrayos   |
|                                   | 4.05 | Presencia de Soporte de Aisladores y Aisladores de loza para guía de cable de pararrayos |
|                                   | 4.06 | Aterramiento Pararrayos entubado   |
|                                   | 4.07 | Barras de tierra, cantidad y posición según proyecto.                                    |
|                                   | 4.08 | Aisladores en barras   |
|                                   | 4.09 | Barras recubiertas con grasa   |
|                                   | 4.10 | Terminales correctamente ajustados en las barras   |
|                                   | 4.11 | Identificación de cables de tierra.  |

|  |      |   |
|--|------|---|
|  | 4.12 | Aterramiento de Monopolo, Autosoportada, Mástil según Proyecto                                    |
|  | 4.13 | Existe un anillo de tierra, en Torre  |
|  | 4.14 | Aterramiento de todo elemento metálico, puertas, tanque de combustible, concertina                |
|  | 4.15 | Aterramiento de escalerillas, continuidad   |
|  | 4.16 | Sellado de tuberías   |
|  | 4.17 | Ductería y cableado de Aterramiento empotrado y/o adosada según proyecto en plataforma de equipos |
|  | 4.18 | Toma Industrial: Posee barra a tierra y conectada a Pozo a Tierra.                                |
|  | 4.19 | TTM: Puesto a Tierra. (Tablero Integrado)   |
|  | 4.20 | TD0: Puesto a Tierra. (Tablero Integrado)   |
|  | 4.21 | Verificación de continuidad en todo el sistema de puesta a tierra                                 |
|  |      | MEDICIONES  |
|  | 4.22 | Medición de Puesta a Tierra menor a 5 Ohm   |

|                       |                                       |  |
|-----------------------|---------------------------------------|--|
| 5. AC Power / Energía |                                       | SUMINISTRO   |
|                       | 5.01                                  | Datos de Suministro AC (Número, Concesionario)                             |
|                       | 5.02                                  | Potencia de Suministro   |
|                       | 5.03                                  | Capacidad ITM de Suministro  |
|                       | 5.04                                  | Energía eléctrica provisional (instalada de algún vecino o GE provisional) |
|                       | 5.05                                  | Energía monofásica instalada   |
|                       | 5.06                                  | Energía trifásica instalada  |
|                       | 5.07                                  | Reja y Candado en Medidor  |
|                       |                                       | TABLEROS   |
|                       | 5.08                                  | Instalación de Tableros: TTM, TD0, TI                                      |
|                       | 5.09                                  | Reja y Candado en TI   |
|                       | 5.10                                  | Breakers en tablero TTM, TD0, TI según Proyecto.                           |
|                       | 5.11                                  | Revisión de conexión interna en tablero TTM, TD0, TI.                      |
|                       | 5.12                                  | Verificación de Limit Switch en TTM y TD0                                  |
|                       | 5.13                                  | Etiquetado de los tableros TTM, TD0, TI.                                   |
|                       | 5.14                                  | Etiquetado de los breakers en los tableros TTM, TD0                        |
|                       | 5.15                                  | Llaves y limpieza interna de los tableros TTM, TD0                         |
|                       | 5.16                                  | Verificación de TVSS en TD0.   |
|                       | 5.17                                  | Funcionamiento de la Luz de Baliza   |
|                       | 5.18                                  | Diagrama Unifilar en tableros  |
|                       | 5.19                                  | Pintura TTM, TD0, TI.  |
|                       | 5.20                                  | Pintado de Señalización de peligro en tablero TTM, TD0, TI.                |
| 5.21                  | Cerraduras de Tableros en buen estado |  |
| 5.22                  | Techo Para Tablero                    |  |

|  |      |   |
|--|------|---|
|  |      | MEDICIONES  |
|  | 5.23 | Voltaje de Entrada  |
|  | 5.24 | Voltaje de Salida   |
|  | 5.25 | Amperes consumidos por fase   |
|  |      | ILUMINACIÓN / TOMACORRIENTES  |
|  | 5.26 | Ductería y cableado empotrado y/o adosada según proyecto está en caseta, y cerco. |
|  | 5.27 | Ductería y cableado empotrado y/o adosada según proyecto en plataforma de equipos |
|  | 5.28 | Uso correcto de cajas de paso   |
|  | 5.29 | Fijación de caja de tomacorrientes e interruptores.                               |
|  | 5.30 | Alineamiento y fijación de luminarias   |
|  | 5.31 | Luminarias encienden  |
|  | 5.32 | Existe tensión en los tomacorrientes  |
|  | 5.33 | Diámetro y recubrimiento de cables según proyecto                                 |
|  | 5.34 | Protección de los cables de energía (Entubado)                                    |
|  | 5.35 | Instalación de verteaguas para los tableros TTM y TDO                             |

|                                  |      |   |
|----------------------------------|------|---|
| <b>6. Losa / Plataf. Equipos</b> | 6.01 | Galvanizado de estructura (vigas, plataformas)          |
|                                  | 6.02 | Dimensiones y acabado según proyecto                    |
|                                  | 6.03 | Nivelación de Plataforma                                |
|                                  | 6.04 | Losa en buen estado/acabado                             |
|                                  | 6.05 | Número completo de pernería y tuercas en plataforma     |
|                                  | 6.06 | Galvanizado de pernos y tuercas en plataforma           |
|                                  | 6.07 | Vigas H metálicas, instaladas, galvanizadas y aterradas |
|                                  | 6.08 | Ausencia de daños, cortes, dobleces en la estructura    |

|                               |      |  |
|-------------------------------|------|--|
| <b>7. Base de Estructuras</b> | 7.01 | Dimensiones y acabado de pedestales            |
|                               | 7.02 | Nivelación de pedestales                       |
|                               | 7.03 | Nivelación y ajuste de pernos de anclaje       |
|                               | 7.04 | Galvanizado de pernos de anclaje               |
|                               | 7.05 | Pendiente en el pedestal para la fuga de agua. |
|                               | 7.06 | Base para tanque Diesel                        |
|                               | 7.07 | Pintura de Pedestales                          |

|                                 |      |   |
|---------------------------------|------|---|
| <b>8. Muros, Techos y Pisos</b> | 8.01 | Tarrajeo de columnas, vigas y zócalos de cerco                      |
|                                 | 8.02 | Tarrajeo de muros interior y exterior                               |
|                                 | 8.03 | Cercos perimétricos sin presencia de salitre, altura según proyecto |
|                                 | 8.04 | Estado y disposición de Drywall según proyecto                      |

|  |      |   |
|--|------|---|
|  | 8.05 | Pintura de muros (acabado y color)                        |
|  | 8.06 | Cerco metálico galvanizado                                |
|  | 8.07 | Concertina de acero inoxidable sobre cerco perimetral     |
|  | 8.08 | Piso de cemento pulido con drenaje conectado al existente |
|  | 8.09 | Puerta ingreso a site                                     |
|  | 8.1  | Cerraduras de puertas                                     |
|  | 8.11 | Relleno compactado y nivelado en toda el área del site    |
|  | 8.12 | Pintura y acabados  |

|                     |      |   |
|---------------------|------|---|
| <b>9. Camuflaje</b> | 9.01 | Estado y disposición de Polímero según proyecto                 |
|                     | 9.02 | Estructura del Mimetizado (rigidez, fijación, etc.)             |
|                     | 9.03 | Pintado del Mimetizado  |
|                     | 9.04 | El Mimetizado ofrece espacio suficiente para antenas y maniobra |
|                     | 9.05 | Verificación de los Azimuth de los soportes                     |
|                     | 9.06 | Tanque, cúpula u otro elemento de camuflaje                     |
|                     |      | <b>DOCUMENTACIÓN</b>  |
|                     | 9.07 | Certificado de Calidad y Homologación del Polímero              |

|                   |       |   |
|-------------------|-------|---|
| <b>10. Varios</b> | 10.01 | Limpieza general                              |
|                   | 10.02 | Escalera de gato en buen estado               |
|                   | 10.03 | Bisagras, candados, cerraduras en buen estado |
|                   | 10.04 | Nivelación de terreno                         |
|                   | 10.05 | Drenaje                                       |
|                   | 10.06 | Buzones de Fibra Óptica y Energía             |
|                   | 10.07 | Verificación de Cable Remanente               |

Al final de la revisión, de presentarse alguna observación que no se pueda resanar en ese momento se procede a elaborar un acta de observaciones.

En un plazo máximo de 07 días se debe proceder a la subsanación, para programa la nueva visita se debe enviar digitalmente el informe fotográfico de las observaciones subsanadas.

Luego de la verificación de las observaciones levantadas se entrega los juegos de llaves completos y se firma el acta de aceptación final de obra.

### 5.6.3. Dossier de Calidad.

La documentación al término de la construcción deberá dejar constancia de las decisiones, pruebas, controles, criterios de aceptación, aplicados a las etapas de la construcción. Para la construcción de una estación base celular tenemos el siguiente modelo de dossier de calidad:

#### **Dossier de Calidad de Infraestructura:**

- Informe fotográfico de Inicio de Obra
- Informe fotográfico de Proceso Constructivo
- Informe fotográfico Final de Obra
- Cuaderno de Obra
- Diseño de Mezcla de Concreto
- Ensayo de Rotura de Probetas de Concreto a los 7,14 y 28 días.
- Protocolo de Medición de Tablero Eléctrico
- Protocolo de Medición del Sistema de Puesta a Tierra
- Acta de Conformidad y No Adeudo de Propietario
- Planos Asbuilt
- Certificado de Calibración de GPS
- Certificado de Calibración de Multímetro
- Certificado de Calibración de Brújula
- Certificado de Calidad de Acero
- Certificado de Galvanizado de torre.
- Certificado de Prueba de Torque de pernos de torre
- Certificado de Verticalidad de Torre
- Certificado de Espesor de Pintura de Torre
- Acta de Aceptación Preliminar de Obra
- Informe de Levantamiento de Observaciones
- Acta de Aceptación Final de Obra.

**Dossier de Calidad de Seguridad, salud y medio ambiente:**

- Seguro complementario de trabajo de riesgo (SCTR)
- Exámenes médicos ocupacionales, para personal de trabajos en altura.
- Formato de entrega de Equipos de protección personal (EPP)
- Certificado de capacitación de trabajos en altura.
- Formato de inspección de arneses
- Formato de charlas de 5 minutos.
- Análisis de trabajo seguro (AST)
- Constancia de manejo de residuos no tóxicos.
- Manifiesto de entrega de residuos tóxicos a empresa operadora de residuos sólidos (EORS)

**Dossier de Calidad para medidores en baja tensión:**

- Factibilidad y presupuesto de conexión de suministro.
- Autorización para trabajos en vía pública
- Factura de pago de conexión suministro.
- Contrato de suministro.
- Acta de instalación de suministro.
- Reporte de instalación de suministro
- Certificado de calibración de equipo de medición.

**Dossier de Calidad para medidores en media tensión:**

- Factibilidad y punto de diseño emitido por concesionaria
- Expediente técnico de proyecto del sistema de utilización de media tensión.
- Conformidad técnica del proyecto emitido por concesionaria.
- Resolución de autorización de inicio y supervisión de Obra.
- Acta de Inspección y pruebas eléctricas.
- Expediente final de construcción del sistema de utilización de media tensión.
- Conformidad técnica de Obra emitido por concesionaria.
- Contrato de suministro.
- Acta de instalación de suministro.
- Reporte de instalación de suministro
- Certificado de calibración de equipo de medición

## CAPITULO VI: CASOS PRÁCTICOS

### 6.1 EBC HABAS HORCO TORRE TRIANGULAR AUTOSOPORTADA

#### 6.1.1 Resumen Ejecutivo

##### Datos Generales

- Proyecto: EBC Habas Horco
- Ubicación: Parcela 554 Sector Shayapuayco, Distrito de Marcabal, Provincia de Huamachuco y Departamento de La Libertad.
- Coordenadas Geográficas: Latitud: -7.718670 °, Longitud: -77.970910 °
- Proveedor de Infraestructura Pasiva: Cell Site Solutions Perú SAC
- Área Arrendada: 100m<sup>2</sup>

##### Torre:

- Tipo Triangular Autosoportada 36.00m
  - Ancho de Base: 2.20m
  - Longitud de tramo inclinado: 24.00m
  - Longitud de tramo recto: 12.00m
  - Cargas de diseño: 03 Operadores
- Carrier 01:
- o 03 antenas RF de 2.60m x 0.27m, altura= 35.60m
  - o 03 antenas RRU de 0.44m x 0.30m, altura=33.50m
  - o 01 antena MW diámetro 1.20m, altura= 33.00m
- Carrier 02:
- o 03 antenas RF de 2.60m x 0.27m, altura= 30.00m
  - o 03 antenas RRU de 0.44m x 0.30m, altura=28.50m
  - o 01 antena MW diámetro 1.20m, altura= 29.00m
- Carrier 03:
- o 03 antenas RF de 2.60m x 0.27m, altura= 25.50m
  - o 03 antenas RRU de 0.44m x 0.30m, altura=24.00m
  - o 01 antena MW diámetro 1.20m, altura= 24.00m
- Velocidad de diseño: 100Km/h
  - Velocidad de Operación: 75Km/h
  - Montante Base L6"x3/8", diagonales L2"x3/16"

- Montante Ultimo L2"x3/16", diagonales L1.1/2"x3/16"
- Soporte arriostrado para pararrayo 1.00m Tubo 1-1/2"
- 06 soportes para antena RF Tubo 2-1/2" x 3.00m con sujeción de tubo de 2"
- 01 soporte MW Tubo 4" x 1.50m con sujeción en ambas caras de 3"x3"x1/4"
- Plataforma de Trabajo de malla metálica en rondana de  $\Phi$ 2.50m
- Escalera Rack 0.60m Vertical L2"x3/16", Horizontal L2"x2" @0.10m
- Escalera Peatonal 0.40m Vertical L2"x3/16", Horizontal Varilla  $\Phi$ 5/8" @0.30m
- Soporte de L2"x2" para barras borneras de aterramiento.
- Línea de vida cable de acero 3/8"
- Luz de balizaje con 02 fanales rojos.

### **Cimentación:**

- Estrato de apoyo de cimentación: Arcilla inorgánica de alta plasticidad
- Presión admisible del terreno: 0.75Kg/cm<sup>2</sup>
- Nivel freático: No presenta
- Concreto Armado  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$
- Acero Corrugado ASTM A-615  $f_y=4200\text{Kg/cm}^2$
- Platea de Cimentación: 5.00x5.00x0.50m;  $\Phi$ 5/8" @0.20m
- Pedestales: 0.50x0.50x1.60m; 12  $\Phi$ 3/4",  $\Phi$ 3/8 3@ 0.05, Rto. @.10m
- Barras de anclaje de 1.10m  $\Phi$  1" SAE 1045, longitud de 0.90m.
- Placa base Inferior e=1/2" ASTM A36, doble tuerca y arandelas
- Placa base superior e= 1" ASTM A36, doble tuerca y arandelas
- Grouting e=2"
- Profundidad de Cimentación: -1.80m
- Relleno de Cimentación: 1.30m préstamo compactado al 95% Proctor.
- Acabado empastado con pintura esmalte gris oscuro.

### **Cerramiento**

- Perímetro: 32.00 metros lineales
- Cerco Metálico de planchas plegadas de espesor de 2.50mm reforzadas con canales Tipo U de 2"x1" galvanizado en caliente, altura de 2.40m y acabado de pintura epóxica color gris claro
- Sobrecimiento de Concreto armado de 0.40m de altura acabado de base imprimante con pintura esmalte color gris oscuro interior y exteriormente.

- Puerta metálica de plancha plegada de espesor de 2.50mm de 1.50m.
- Doble concertina de acero galvanizado de diámetro de 0.45m con espaciado de 5 espiras cada 1.00m.
- Losa de equipos concreto armado de 1.50x2.00x0.30m;  $\Phi 3/8'' @ 0.20m$
- 02 cajas de pase de 200x200x150mm adosado a losa de equipos recubierto con dado de concreto para salida de energía, aterramiento y fibra óptica
- 02 buzones de Concreto armado de 0.80x0.80x0.80m con tapa metálica de PL. Fe. 2x2x  $\Phi 1/8''$  con acabado de pintura epóxica.
- Canaleta y recolector de aguas de lluvia de 0.25x0.15m pendiente 2%.
- Acabado de piso ripio de  $1/2''$  a una altura de 0.10m
- Escalerillas metálicas galvanizadas de 0.30m con platina de  $1 1/2'' \times 1/4''$  con parantes de tubo metálico de  $\Phi 2''$  son soportes tipo L mediante espárragos de  $\Phi 1/2''$  en la losa armada,
- Cobertura de fibraforte granate de 2.70x1.90m
- Soporte de cobertura formado por 04 tubos cuadrados de  $3'' \times 3'' \times 2.5mm$  de altura 2.40m y vigas de tubo cuadrado de 80x40x2.5, pendiente 2%

#### **Instalaciones Eléctricas:**

- **Conexión de Medidor**  
Sistema de Utilización en Media Tensión 13.2Kv Longitud 986m, máxima demanda de energía 20Kw.
- **Tablero Eléctrico de Distribución 3F+T/2200 VAC/60Hz**  
Gabinete adosado de 0.70x0.90x0.20m  
Interruptor general 3x125A  
Tablero Operador 01 ITM 2x63A  
Tablero Operador 02 ITM 2x63A  
Tablero Operador 03 ITM 2x63A  
Luminaria ITM 2x16A  
Tomacorriente ITM 2x20A
- **Tablero Eléctrico Integrado para Operador 2F+T/ 220VAC/ 60Hz**  
Gabinete adosado de 0.50x0.90x0.20m  
Interruptor general 3x60A

Toma y enchufe industrial 3F+1T- 3x63A

Conmutador de transferencia manual 1-0-2/2x63A – 220v

TVSS Limitador de Sobretensión 80kA

Equipo de comunicación ITM 2x50A

Luminarias ITM 2x16A

Luz de balizaje ITM 2x16A

Tomacorrientes ITM 2x16A

- **Cableado Eléctrico:**

De medidor a Tablero de Distribución: 2- 1x16mm<sup>2</sup> THW 40mmΦ

Tablero Distribución-Tablero de Operador1: 2-1x16mm<sup>2</sup>THW Φ40mmPVC-P

Tablero Operador 1 a Equipos: 2- 1x10mm<sup>2</sup> THW Φ 25mm PVC-P

Tablero Operador 1 a Tomacorriente: 2-1x4mm<sup>2</sup> THW + 1-1x2.5mm<sup>2</sup>TW (T)

De Tablero Operador 1 a Luz de Balizaje: 1-3x2.5mm<sup>2</sup> NLT Φ 25mm PVC-P

- **Sistema de Puesta a Tierra**

02 pozos a tierra verticales con tratamiento con Thorgel y bentonita, varillas de cobre de 3/4" interconectadas mediante soldadura Cadwell con fleje de Cu. 70x3mm de longitud de 6metro lineales.

Barras Bornera Principal MGB: Platina de Fe de 350x5x50mm 20 agujeros.

Barra Bornera Estructuras EGB: Platina de Fe de 350x5x50mm 20 agujeros.

Barra Bornera Operador RF-T: Platina de Fe de 200x5x80mm 10 agujeros.

- **Cableado de aterramiento**

Pararrayo Tetrapuntal tipo franklin conectado al pozo a tierra Cu 50mm<sup>2</sup> TW

Aterramiento de estructuras a Barra EGB: Escalerilla Rack de torre, Escalerilla peatonal, concertina, cerco metálico, etc. –Cu 1x25mm<sup>2</sup> TW Φ 25mm PVC-P

Aterramiento de Barras Borneras RFT-EGB a Barra MGB – Cu 1x25mm<sup>2</sup> TW

Aterramiento de Tablero Operador Barra RFT- Cu 1x25mm<sup>2</sup> TW

Aterramiento de bases de Estructura vertical a interconexión de pozos - Cu 1x50mm<sup>2</sup> TW Φ 25mm PVC-P

Jumpers para unión de estructuras metálicas – 1x25mm<sup>2</sup> TW

## 6.1.2 Cálculo Justificativos

### Análisis y diseño de torre

#### Geometría de la torre:

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Numero de caras:             | 3      |
| Altura total:                | 36.00m |
| Longitud de tramo recto:     | 12.00m |
| Longitud de tramo inclinado: | 24.00m |
| Ancho superior:              | 1.40m  |
| Ancho base:                  | 2.20m  |

#### Materiales:

|                 |  |
|-----------------|--|
| Acero ASTM A36  | Resistencia a la fluencia: 36 ksi (250Mpa) |
| Acero ASTM A572 | Resistencia a la fluencia: 50 ksi (350Mpa) |

#### Criterios de diseño:

|                                   |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
| Clasificación de estructura       | Clase II               |
| Factor de Importancia             | I                      |
| Viento sin hielo                  | 1.00                   |
| Sismo                             | 1.00                   |
| Categoría de exposición           | C                      |
| Coeficiente de categoría          | Zg 274m                |
| Exponente de velocidad            | $\alpha$ 9.5           |
| Coeficiente presión dinámica      | Kz <sub>min</sub> 0.85 |
| Constante del terreno             | Ke 1.00                |
| Categoría topográfica             | Categoría 2            |
| Constante del terreno             | Kt 0.43                |
| Factor de atenuación de pendiente | f 1.25                 |

|                        |    |      |
|------------------------|----|------|
| Factor de probabilidad | Kd | 0.85 |
| Factor de ráfaga       | Gh | 1.00 |

Combinaciones de carga:

Estado límite de resistencia: (Velocidad de viento: 100Km/h)

1. 1.2D + 1.6W
2. 0.9D + 1.6W
3. 1.2D + 1.0E
4. 0.9D + 1.0E

Estado límite de servicio: (Velocidad de viento: 75Km/h)

1. 1.0D + 1.0W

Geometría de la torre:

Perfiles propuestos:

| Panel | Montantes     | Diagonales     | Horizontales   | R. diagonal    | Red. horizontal | Escuadra       | Techo          |
|-------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1     | L2"x3/16"     | L 1.1/2"x3/16" | L2"x3/16"      | -              | -               | -              | L 1.1/2"x3/16" |
| 2     | L2"x3/16"     | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | -              | -               | -              | -              |
| 3     | L2"x3/16"     | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | -              | -               | -              | L 1.1/2"x3/16" |
| 4     | L3"x1/4" (*)  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | -              | -               | -              | -              |
| 5     | L3"x1/4" (*)  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | -              | -               | -              | L 1.1/2"x3/16" |
| 6     | L3"x1/4" (*)  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | -              | -               | -              | -              |
| 7     | L4"x1/4" (*)  | L2"x3/16"      | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16"  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" |
| 8     | L4"x1/4" (*)  | L2"x3/16"      | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16"  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" |
| 9     | L4"x5/16" (*) | L2"x3/16"      | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16"  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" |
| 10    | L4"x5/16" (*) | L2"x3/16"      | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16"  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" |
| 11    | L4"x3/8" (*)  | L2"x3/16"      | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16"  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" |
| 12    | L5"x3/8" (*)  | L2"x3/16"      | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16"  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" |
| 13    | L6"x3/8" (*)  | L2"x3/16"      |                | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16"  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" |
| 14    | L6"x3/8" (*)  | L2"x3/16"      |                | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16"  | L 1.1/2"x3/16" | L 1.1/2"x3/16" |

(\*) Perfiles de acero ASTM A572 Fy 345

Cargas de las antenas:

| Tipo                         | Cantidad | Diámetro (MW) | Longitud | Ancho | Altura de instalación | AeV (m2) |
|------------------------------|----------|---------------|----------|-------|-----------------------|----------|
| MW                           | 1        | 1.20          |          |       | 33.00m                | 1.13     |
| MW                           | 2        | 0.60          |          |       | 29.00m                | 0.57     |
| MW                           | 2        | 0.60          |          |       | 24.00m                | 0.57     |
| RF                           | 3        |               | 2.60     | 0.55  | 35.60m                | 4.29     |
| RF                           | 3        |               | 2.60     | 0.55  | 30.00m                | 4.29     |
| RF                           | 3        |               | 2.60     | 0.55  | 25.50m                | 4.29     |
| RRU                          | 3        |               | 0.44     | 0.42  | 33.50m                | 0.55     |
| RRU                          | 3        |               | 0.44     | 0.42  | 28.50m                | 0.55     |
| RRU                          | 3        |               | 0.44     | 0.42  | 24.00m                | 0.55     |
| Área de exposición al viento |          |               |          |       |                       | 16.80m2  |

Ingreso de las cargas:

|          |                     |
|----------|---------------------|
| Case 100 | Peso de la torre    |
| Case 103 | Sismo X 0.45 Y 0.00 |
| Case 104 | Sismo X 0.00 Y 0.45 |
| Case 200 | Viento a 0°         |
| Case 205 | Viento a 30°        |
| Case 210 | Viento a 60°        |
| Case 220 | Viento a 90°        |
| Case 230 | Viento a 120°       |
| Case 235 | Viento a 150°       |
| Case 240 | Viento a 180°       |
| Case 245 | Viento a 210°       |
| Case 250 | Viento a 240°       |
| Case 260 | Viento a 270°       |
| Case 270 | Viento a 300°       |
| Case 275 | Viento a 330°       |

Estado límite de resistencia**1.2D + 1.6W**

|            |               |
|------------|---------------|
| Case 410   | Viento a 0°   |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 200 | 1.6           |
| Case 415   | Viento a 30°  |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 205 | 1.6           |
| Case 420   | Viento a 60°  |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 210 | 1.6           |
| Case 430   | Viento a 90°  |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 220 | 1.6           |
| Case 440   | Viento a 120° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 230 | 1.6           |
| Case 445   | Viento a 150° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 235 | 1.6           |
| Case 450   | Viento a 180° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 240 | 1.6           |
| Case 455   | Viento a 210° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 245 | 1.6           |
| Case 460   | Viento a 240° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 250 | 1.6           |
| Case 470   | Viento a 270° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 260 | 1.6           |
| Case 480   | Viento a 300° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 270 | 1.6           |
| Case 485   | Viento a 330° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 275 | 1.6           |

### 0.9D + 1.6W

|            |               |
|------------|---------------|
| Case 411   | Viento a 0°   |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 200 | 1.6           |
| Case 412   | Viento a 30°  |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 205 | 1.6           |
| Case 421   | Viento a 60°  |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 210 | 1.6           |
| Case 431   | Viento a 90°  |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 220 | 1.6           |
| Case 441   | Viento a 120° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 230 | 1.6           |
| Case 442   | Viento a 150° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 235 | 1.6           |
| Case 451   | Viento a 180° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 240 | 1.6           |
| Case 452   | Viento a 210° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 245 | 1.6           |
| Case 461   | Viento a 240° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 250 | 1.6           |
| Case 471   | Viento a 270° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 260 | 1.6           |
| Case 481   | Viento a 300° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 270 | 1.6           |
| Case 482   | Viento a 330° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 275 | 1.6           |

**1.2D + 1.0E**

|            |            |
|------------|------------|
| Case 800   | Sismo a 0° |
| Combin 100 | 1.2        |
| Combin 103 | 1.0        |

|            |             |
|------------|-------------|
| Case 810   | Sismo a 90° |
| Combin 100 | 1.2         |
| Combin 104 | 1.0         |

**0.9D + 1.0E**

|             |            |
|-------------|------------|
| Case 801    | Sismo a 0° |
| Combin 100  | 1.2        |
| Combin 1 03 | 1.0        |

|            |             |
|------------|-------------|
| Case 811   | Sismo a 90° |
| Combin 100 | 1.2         |
| Combin 104 | 1.0         |

Estado límite de servicio:**1.0D + 1.0W**

|            |                  |
|------------|------------------|
| Case 1400  | Max tower weight |
| Combin 100 | 1.0              |

|            |             |
|------------|-------------|
| Case 1410  | Viento a 0° |
| Combin 100 | 1.2         |
| Combin 200 | 1.0         |

|            |              |
|------------|--------------|
| Case 1415  | Viento a 30° |
| Combin 100 | 1.2          |
| Combin 205 | 1.0          |

|            |              |
|------------|--------------|
| Case 1420  | Viento a 60° |
| Combin 100 | 1.2          |
| Combin 210 | 1.0          |

|            |              |
|------------|--------------|
| Case 1430  | Viento a 90° |
| Combin 100 | 1.2          |
| Combin 220 | 1.0          |

|            |               |
|------------|---------------|
| Case 1440  | Viento a 120° |
| Combin 100 | 1.2           |
| Combin 230 | 1.0           |

Case 1445      Viento a 150°  
Combin 100    1.2  
Combin 235    1.0

Case 1450      Viento a 180°  
Combin 100    1.2  
Combin 240    1.0

Case 1455      Viento a 210°  
Combin 100    1.2  
Combin 245    1.0

Case 1460      Viento a 240°  
Combin 100    1.2  
Combin 250    1.0

Case 1470      Viento a 270°  
Combin 100    1.2  
Combin 260    1.0

Case 1480      Viento a 300°  
Combin 100    1.2  
Combin 270    1.0

Case 1485      Viento a 330°  
Combin 100    1.2  
Combin 275    1.0

Case 1800      Sismo a 0°  
Combin 100    1.2  
Combin 103    1.0

Case 1810      Sismo a 90°  
Combin 100    1.2  
Combin 104    1.0

Diseño por supervivencia:

Se verifica los ratios de esfuerzo de los perfiles propuestos.

| Pnl | Typ            | Size           | fy  | Compresión |    |       |              | Tensión |    |       |              |
|-----|----------------|----------------|-----|------------|----|-------|--------------|---------|----|-------|--------------|
|     |                |                |     | case       | Pu | iPn   | Pu/iPn       | case    | Pu | iPn   | Pu/iPn       |
| 1   | M              | L2"x3/16"      | 250 | 440        | 6  | 61    | 0.101        | 481     | 1  | 104   | 0.009        |
|     | M              | L2"x3/16"      | 250 | 460        | 5  | 61    | 0.088        | 420     | 2  | 104   | 0.015        |
|     | M              | L2"x3/16"      | 250 | 410        | 4  | 61    | 0.064        | 450     | 2  | 104   | 0.015        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 2  | 24    | 0.073        | 811     | 2  | 77    | 0.031        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 430        | 1  | 24    | 0.050        | 471     | 1  | 77    | 0.015        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 420        | 3  | 24    | 0.143        | 461     | 3  | 77    | 0.045        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 4  | 24    | 0.178        | 421     | 4  | 77    | 0.054        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 5  | 24    | <b>0.202</b> | 481     | 5  | 77    | <b>0.061</b> |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 485        | 4  | 24    | 0.182        | 442     | 4  | 77    | 0.056        |
|     | H              | L2"x3/16"      | 250 | 1810       | 0  | 41    | 0.010        | 411     | 0  | 104   | 0.003        |
|     | H              | L2"x3/16"      | 250 | 480        | 0  | 41    | 0.008        | 441     | 0  | 104   | 0.003        |
|     | H              | L2"x3/16"      | 250 | 421        | 0  | 41    | 0.008        | 1800    | 1  | 104   | 0.005        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 801        | 0  | 48    | 0.008        | 1810    | 2  | 77    | 0.028        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 461        | 0  | 48    | 0.008        | 1800    | 1  | 77    | 0.011        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 801        | 2  | 48    | 0.051        | 1800    | 0  | 77    | 0.005        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 0  | 48    | 0.002        | 460     | 0  | 77    | 0.001        |
| T   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440 | 0          | 48 | 0.003 | 440          | 0       | 77 | 0.002 |              |
| T   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440 | 0          | 48 | 0.003 | 440          | 0       | 77 | 0.002 |              |

| Pnl | Typ | Size           | fy  | Compresión |    |     |              | Tensión |    |     |              |
|-----|-----|----------------|-----|------------|----|-----|--------------|---------|----|-----|--------------|
|     |     |                |     | case       | Pu | iPn | Pu/iPn       | case    | Pu | iPn | Pu/iPn       |
| 2   | M   | L2"x3/16"      | 250 | 440        | 17 | 61  | 0.279        | 481     | 8  | 104 | 0.072        |
|     | M   | L2"x3/16"      | 250 | 460        | 16 | 61  | 0.259        | 421     | 8  | 104 | 0.081        |
|     | M   | L2"x3/16"      | 250 | 410        | 14 | 61  | 0.222        | 451     | 11 | 104 | 0.106        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 470        | 2  | 22  | 0.082        | 431     | 2  | 77  | 0.021        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 1810       | 3  | 22  | 0.125        | 461     | 2  | 77  | 0.028        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 420        | 6  | 22  | 0.262        | 461     | 6  | 77  | 0.081        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 6  | 22  | 0.256        | 421     | 5  | 77  | 0.069        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 6  | 22  | 0.269        | 482     | 6  | 77  | 0.077        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481        | 6  | 21  | <b>0.281</b> | 440     | 7  | 77  | <b>0.085</b> |
|     | H   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452        | 0  | 48  | 0.005        | 410     | 0  | 77  | 0.004        |
|     | H   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 461        | 1  | 48  | 0.023        | 430     | 1  | 77  | 0.012        |
|     | H   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 441        | 1  | 48  | 0.020        | 480     | 1  | 77  | 0.012        |

| Pnl | Typ | Size           | fy  | Compresión |    |     |              | Tensión |    |     |              |
|-----|-----|----------------|-----|------------|----|-----|--------------|---------|----|-----|--------------|
|     |     |                |     | case       | Pu | iPn | Pu/iPn       | case    | Pu | iPn | Pu/iPn       |
| 3   | M   | L2"x3/16"      | 250 | 440        | 29 | 61  | <b>0.474</b> | 481     | 18 | 104 | 0.174        |
|     | M   | L2"x3/16"      | 250 | 460        | 29 | 61  | 0.468        | 421     | 19 | 104 | 0.186        |
|     | M   | L2"x3/16"      | 250 | 410        | 25 | 61  | 0.417        | 451     | 21 | 104 | <b>0.203</b> |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 3  | 24  | 0.129        | 811     | 3  | 77  | 0.041        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 430        | 2  | 24  | 0.097        | 471     | 2  | 77  | 0.031        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 415        | 6  | 24  | 0.236        | 461     | 6  | 77  | 0.078        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 7  | 24  | 0.297        | 421     | 7  | 77  | 0.086        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 8  | 24  | 0.310        | 481     | 7  | 77  | 0.091        |
|     | D   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 485        | 7  | 24  | 0.276        | 442     | 7  | 77  | 0.085        |
|     | H   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0  | 48  | 0.008        | 440     | 0  | 77  | 0.005        |
|     | H   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 0  | 48  | 0.007        | 460     | 0  | 77  | 0.005        |
|     | H   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0  | 48  | 0.008        | 440     | 0  | 77  | 0.005        |
|     | T   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 0  | 48  | 0.004        | 460     | 0  | 77  | 0.002        |
|     | T   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0  | 48  | 0.004        | 440     | 0  | 77  | 0.002        |
|     | T   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0  | 48  | 0.004        | 440     | 0  | 77  | 0.002        |

| Pnl | Typ            | Size           | fy  | Compresión |    |       |              | Tensión |    |       |              |
|-----|----------------|----------------|-----|------------|----|-------|--------------|---------|----|-------|--------------|
|     |                |                |     | case       | Pu | iPn   | Pu/iPn       | case    | Pu | iPn   | Pu/iPn       |
| 4   | M              | L3"x1/4"       | 345 | 440        | 53 | 218   | 0.243        | 481     | 31 | 288   | 0.109        |
|     | M              | L3"x1/4"       | 345 | 460        | 53 | 218   | 0.245        | 421     | 33 | 288   | 0.115        |
|     | M              | L3"x1/4"       | 345 | 410        | 42 | 218   | 0.195        | 451     | 39 | 288   | <b>0.137</b> |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 6  | 22    | 0.286        | 431     | 6  | 77    | 0.074        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 430        | 6  | 22    | 0.269        | 471     | 6  | 77    | 0.075        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 415        | 9  | 22    | 0.410        | 452     | 9  | 77    | 0.121        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 10 | 22    | 0.450        | 421     | 9  | 77    | 0.123        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 10 | 22    | <b>0.463</b> | 482     | 10 | 77    | 0.130        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 485        | 10 | 22    | 0.450        | 442     | 10 | 77    | 0.130        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 0  | 48    | 0.010        | 460     | 1  | 77    | 0.007        |
| H   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 460 | 0          | 48 | 0.010 | 460          | 1       | 77 | 0.007 |              |
| H   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440 | 0          | 48 | 0.010 | 440          | 1       | 77 | 0.007 |              |

| Pnl | Typ            | Size           | fy  | Compresión |    |       |              | Tensión |    |       |              |
|-----|----------------|----------------|-----|------------|----|-------|--------------|---------|----|-------|--------------|
|     |                |                |     | case       | Pu | iPn   | Pu/iPn       | case    | Pu | iPn   | Pu/iPn       |
| 5   | M              | L3"x1/4"       | 345 | 440        | 79 | 218   | 0.362        | 481     | 55 | 288   | 0.189        |
|     | M              | L3"x1/4"       | 345 | 460        | 80 | 218   | 0.368        | 421     | 57 | 288   | 0.197        |
|     | M              | L3"x1/4"       | 345 | 410        | 69 | 218   | 0.316        | 451     | 64 | 288   | <b>0.220</b> |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 7  | 24    | 0.295        | 431     | 7  | 77    | 0.089        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 430        | 7  | 24    | 0.289        | 471     | 7  | 77    | 0.089        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 415        | 10 | 24    | 0.420        | 452     | 10 | 77    | 0.134        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 11 | 24    | 0.449        | 412     | 10 | 77    | 0.132        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 11 | 24    | <b>0.462</b> | 482     | 11 | 77    | 0.143        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 485        | 11 | 24    | 0.459        | 442     | 11 | 77    | 0.143        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 1  | 48    | 0.015        | 455     | 1  | 77    | 0.012        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 1  | 48    | 0.015        | 470     | 1  | 77    | 0.010        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 1  | 48    | 0.015        | 430     | 1  | 77    | 0.011        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 0  | 48    | 0.006        | 460     | 0  | 77    | 0.004        |
| T   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440 | 0          | 48 | 0.006 | 440          | 0       | 77 | 0.004 |              |
| T   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440 | 0          | 48 | 0.006 | 440          | 0       | 77 | 0.004 |              |

| Pnl | Typ            | Size           | fy  | Compresión |     |       |              | Tensión |    |       |              |
|-----|----------------|----------------|-----|------------|-----|-------|--------------|---------|----|-------|--------------|
|     |                |                |     | case       | Pu  | iPn   | Pu/iPn       | Case    | Pu | iPn   | Pu/iPn       |
| 6   | M              | L3"x1/4"       | 345 | 440        | 113 | 218   | 0.517        | 481     | 79 | 288   | 0.275        |
|     | M              | L3"x1/4"       | 345 | 460        | 115 | 218   | 0.526        | 421     | 82 | 288   | 0.284        |
|     | M              | L3"x1/4"       | 345 | 410        | 96  | 218   | 0.442        | 451     | 92 | 288   | <b>0.317</b> |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 11  | 22    | 0.499        | 431     | 10 | 77    | 0.136        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 430        | 11  | 22    | 0.491        | 471     | 10 | 77    | 0.137        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 415        | 14  | 22    | 0.626        | 452     | 14 | 77    | 0.183        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 15  | 22    | 0.659        | 412     | 14 | 77    | 0.179        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 15  | 22    | <b>0.672</b> | 482     | 15 | 77    | 0.191        |
|     | D              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 485        | 15  | 22    | 0.669        | 442     | 15 | 77    | 0.192        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 431        | 2   | 48    | 0.040        | 1810    | 3  | 77    | 0.041        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452        | 2   | 48    | 0.042        | 455     | 2  | 77    | 0.029        |
| H   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 801 | 3          | 48  | 0.057 | 445          | 2       | 77 | 0.029 |              |

| Pnl | Typ       | Size      | fy  | Compresión |     |       |              | Tensión |     |       |              |
|-----|-----------|-----------|-----|------------|-----|-------|--------------|---------|-----|-------|--------------|
|     |           |           |     | case       | Pu  | iPn   | Pu/iPn       | Case    | Pu  | iPn   | Pu/iPn       |
| 7   | M         | L4"x1/4"  | 345 | 440        | 146 | 306   | 0.476        | 481     | 110 | 388   | 0.283        |
|     | M         | L4"x1/4"  | 345 | 460        | 148 | 306   | <b>0.485</b> | 421     | 113 | 388   | 0.290        |
|     | M         | L4"x1/4"  | 345 | 410        | 131 | 306   | 0.428        | 451     | 124 | 388   | <b>0.318</b> |
|     | D         | L2"x3/16" | 250 | 460        | 21  | 65    | 0.332        | 421     | 17  | 104   | 0.166        |
|     | D         | L2"x3/16" | 250 | 440        | 20  | 65    | 0.314        | 481     | 16  | 104   | 0.156        |
|     | D         | L2"x3/16" | 250 | 410        | 22  | 65    | 0.337        | 452     | 20  | 104   | 0.195        |
|     | D         | L2"x3/16" | 250 | 460        | 25  | 65    | 0.382        | 421     | 22  | 104   | 0.209        |
| D   | L2"x3/16" | 250       | 440 | 25         | 65  | 0.387 | 481          | 22      | 104 | 0.214 |              |

|   |                |     |     |    |    |       |     |    |     |       |
|---|----------------|-----|-----|----|----|-------|-----|----|-----|-------|
| D | L2"x3/16"      | 250 | 410 | 23 | 65 | 0.357 | 442 | 21 | 104 | 0.202 |
| H | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 1  | 46 | 0.028 | 455 | 2  | 77  | 0.023 |
| H | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 442 | 1  | 46 | 0.030 | 470 | 2  | 77  | 0.021 |
| H | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452 | 1  | 46 | 0.031 | 430 | 2  | 77  | 0.021 |
| T | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 0  | 46 | 0.010 | 460 | 0  | 77  | 0.006 |
| T | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 0  | 46 | 0.010 | 440 | 0  | 77  | 0.006 |
| T | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 0  | 46 | 0.010 | 440 | 0  | 77  | 0.006 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 3  | 67 | 0.042 | 440 | 4  | 77  | 0.051 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 5  | 40 | 0.129 | 481 | 4  | 77  | 0.049 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 445 | 7  | 38 | 0.190 | 482 | 5  | 77  | 0.072 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 482 | 4  | 67 | 0.061 | 445 | 5  | 77  | 0.071 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421 | 3  | 67 | 0.044 | 460 | 4  | 77  | 0.053 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 5  | 40 | 0.134 | 421 | 4  | 77  | 0.051 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 455 | 7  | 38 | 0.191 | 412 | 6  | 77  | 0.072 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 412 | 4  | 67 | 0.061 | 455 | 5  | 77  | 0.072 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421 | 3  | 67 | 0.051 | 460 | 4  | 77  | 0.056 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 6  | 40 | 0.141 | 421 | 4  | 77  | 0.058 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 470 | 7  | 38 | 0.176 | 431 | 5  | 77  | 0.069 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 431 | 4  | 67 | 0.058 | 470 | 5  | 77  | 0.065 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451 | 3  | 67 | 0.051 | 410 | 4  | 77  | 0.048 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 5  | 40 | 0.122 | 451 | 4  | 77  | 0.059 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 485 | 6  | 38 | 0.169 | 442 | 6  | 77  | 0.079 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 442 | 5  | 67 | 0.068 | 485 | 5  | 77  | 0.064 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451 | 3  | 67 | 0.052 | 410 | 4  | 77  | 0.050 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 5  | 40 | 0.125 | 451 | 5  | 77  | 0.060 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 415 | 6  | 38 | 0.168 | 452 | 6  | 77  | 0.080 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452 | 5  | 67 | 0.168 | 415 | 5  | 77  | 0.063 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 3  | 67 | 0.051 | 440 | 4  | 77  | 0.056 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 6  | 40 | 0.141 | 481 | 4  | 77  | 0.058 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 430 | 7  | 38 | 0.174 | 471 | 5  | 77  | 0.068 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 471 | 4  | 67 | 0.058 | 430 | 5  | 77  | 0.065 |

| Pnl | Typ            | Size           | fy         | Compresión |     |       |              | Tensión |     |       |              |
|-----|----------------|----------------|------------|------------|-----|-------|--------------|---------|-----|-------|--------------|
|     |                |                |            | case       | Pu  | iPn   | Pu/iPn       | Case    | Pu  | iPn   | Pu/iPn       |
| 8   | M              | L4"x1/4"       | <b>345</b> | 440        | 192 | 303   | 0.634        | 481     | 151 | 388   | 0.388        |
|     | M              | L4"x1/4"       | <b>345</b> | 460        | 195 | 303   | <b>0.645</b> | 421     | 154 | 388   | 0.397        |
|     | M              | L4"x1/4"       | <b>345</b> | 410        | 179 | 303   | 0.592        | 451     | 164 | 388   | <b>0.423</b> |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 460        | 22  | 64    | 0.348        | 421     | 19  | 104   | 0.181        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 440        | 21  | 64    | 0.332        | 481     | 18  | 104   | 0.172        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 410        | 23  | 64    | 0.357        | 452     | 21  | 104   | 0.205        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 460        | 25  | 64    | 0.398        | 421     | 23  | 104   | 0.218        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 440        | 26  | 64    | 0.402        | 481     | 23  | 104   | 0.222        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 410        | 24  | 64    | 0.374        | 442     | 22  | 104   | 0.211        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 412        | 2   | 43    | 0.049        | 455     | 3   | 77    | 0.036        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 442        | 2   | 43    | 0.052        | 470     | 3   | 77    | 0.033        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 452        | 2   | 43    | 0.054        | 430     | 3   | 77    | 0.033        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 461        | 0   | 43    | 0.010        | 461     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 441        | 0   | 43    | 0.011        | 441     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 441        | 0   | 43    | 0.011        | 441     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 481        | 5   | 66    | 0.074        | 440     | 7   | 77    | 0.088        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 8   | 39    | 0.211        | 481     | 6   | 77    | 0.079        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 8   | 37    | 0.215        | 482     | 6   | 77    | 0.082        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 482        | 5   | 66    | 0.075        | 440     | 6   | 77    | 0.082        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 421        | 5   | 66    | 0.077        | 460     | 7   | 77    | 0.090        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 9   | 39    | 0.217        | 421     | 6   | 77    | 0.082        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 8   | 37    | 0.218        | 412     | 6   | 77    | 0.083        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 412        | 5   | 66    | 0.075        | 460     | 6   | 77    | 0.083        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 421        | 5   | 66    | 0.082        | 460     | 7   | 77    | 0.090        |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 460        | 9          | 39  | 0.217 | 421          | 7       | 77  | 0.087 |              |

|   |                |     |     |   |    |       |     |   |    |       |
|---|----------------|-----|-----|---|----|-------|-----|---|----|-------|
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 8 | 37 | 0.206 | 431 | 6 | 77 | 0.080 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 431 | 5 | 66 | 0.072 | 460 | 6 | 77 | 0.078 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451 | 6 | 66 | 0.084 | 410 | 6 | 77 | 0.082 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 8 | 39 | 0.197 | 451 | 7 | 77 | 0.089 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 7 | 37 | 0.195 | 442 | 7 | 77 | 0.089 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 442 | 5 | 66 | 0.080 | 485 | 6 | 77 | 0.074 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451 | 6 | 66 | 0.086 | 410 | 6 | 77 | 0.084 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 8 | 39 | 0.201 | 451 | 7 | 77 | 0.091 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 7 | 37 | 0.194 | 452 | 7 | 77 | 0.089 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452 | 5 | 66 | 0.081 | 415 | 6 | 77 | 0.074 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 5 | 66 | 0.081 | 440 | 7 | 77 | 0.089 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 8 | 39 | 0.215 | 481 | 7 | 77 | 0.086 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 8 | 37 | 0.202 | 471 | 6 | 77 | 0.079 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 471 | 5 | 66 | 0.071 | 440 | 6 | 77 | 0.076 |

| Pnl | Typ            | Perfil         | fy  | Compresión |     |       |              | Tensión |     |       |              |
|-----|----------------|----------------|-----|------------|-----|-------|--------------|---------|-----|-------|--------------|
|     |                |                |     | case       | Pu  | iPn   | Pu/iPn       | Case    | Pu  | iPn   | Pu/iPn       |
| 9   | M              | L4"x5/16"      | 345 | 440        | 240 | 426   | 0.565        | 481     | 195 | 475   | 0.410        |
|     | M              | L4"x5/16"      | 345 | 460        | 245 | 426   | <b>0.575</b> | 421     | 198 | 475   | 0.417        |
|     | M              | L4"x5/16"      | 345 | 410        | 229 | 426   | 0.538        | 451     | 208 | 475   | <b>0.437</b> |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 460        | 23  | 64    | 0.359        | 421     | 19  | 104   | 0.184        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 440        | 22  | 64    | 0.343        | 481     | 18  | 104   | 0.175        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 410        | 23  | 64    | 0.367        | 452     | 21  | 104   | 0.205        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 460        | 26  | 64    | 0.402        | 421     | 22  | 104   | 0.217        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 440        | 26  | 64    | 0.405        | 481     | 23  | 104   | 0.221        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 410        | 24  | 64    | 0.383        | 442     | 22  | 104   | 0.210        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 412        | 2   | 40    | 0.060        | 455     | 3   | 77    | 0.038        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 442        | 2   | 40    | 0.063        | 470     | 3   | 77    | 0.036        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452        | 3   | 40    | 0.064        | 430     | 3   | 77    | 0.036        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 0   | 40    | 0.011        | 460     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0   | 40    | 0.011        | 440     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0   | 40    | 0.011        | 440     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481        | 6   | 65    | 0.088        | 440     | 7   | 77    | 0.096        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 9   | 39    | 0.223        | 481     | 7   | 77    | 0.087        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 8   | 37    | 0.230        | 482     | 7   | 77    | 0.090        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 482        | 6   | 65    | 0.090        | 440     | 7   | 77    | 0.093        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421        | 6   | 65    | 0.091        | 460     | 8   | 77    | 0.099        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 9   | 39    | 0.229        | 421     | 7   | 77    | 0.090        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 9   | 37    | 0.234        | 412     | 7   | 77    | 0.091        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 412        | 6   | 65    | 0.091        | 460     | 7   | 77    | 0.094        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421        | 6   | 65    | 0.096        | 460     | 8   | 77    | 0.100        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 9   | 39    | 0.231        | 421     | 7   | 77    | 0.093        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 8   | 37    | 0.222        | 431     | 7   | 77    | 0.088        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 431        | 6   | 65    | 0.087        | 460     | 7   | 77    | 0.089        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451        | 6   | 65    | 0.097        | 410     | 7   | 77    | 0.092        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410        | 8   | 39    | 0.214        | 451     | 7   | 77    | 0.095        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410        | 8   | 37    | 0.214        | 442     | 7   | 77    | 0.095        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 442        | 6   | 65    | 0.095        | 485     | 7   | 77    | 0.087        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451        | 6   | 65    | 0.099        | 410     | 7   | 77    | 0.094        |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 410 | 8          | 39  | 0.217 | 451          | 7       | 77  | 0.097 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 410 | 8          | 37  | 0.214 | 452          | 7       | 77  | 0.097 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 452 | 6          | 65  | 0.096 | 415          | 7       | 77  | 0.087 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 481 | 6          | 65  | 0.095 | 440          | 8       | 77  | 0.099 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440 | 9          | 39  | 0.229 | 481          | 7       | 77  | 0.093 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440 | 8          | 37  | 0.218 | 471          | 7       | 77  | 0.088 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 471 | 6          | 65  | 0.087 | 430          | 7       | 77  | 0.088 |              |

| Pnl | Typ            | Perfil         | fy  | Compresión |     |       |              | Tensión |     |       |              |
|-----|----------------|----------------|-----|------------|-----|-------|--------------|---------|-----|-------|--------------|
|     |                |                |     | case       | Pu  | iPn   | Pu/iPn       | Case    | Pu  | iPn   | Pu/iPn       |
| 10  | M              | L4"x5/16"      | 345 | 440        | 287 | 426   | 0.674        | 481     | 236 | 475   | 0.496        |
|     | M              | L4"x5/16"      | 345 | 460        | 292 | 426   | <b>0.686</b> | 421     | 240 | 475   | 0.505        |
|     | M              | L4"x5/16"      | 345 | 410        | 278 | 426   | 0.651        | 451     | 249 | 475   | <b>0.524</b> |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 460        | 24  | 63    | 0.384        | 421     | 20  | 104   | 0.196        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 440        | 23  | 63    | 0.369        | 481     | 20  | 104   | 0.188        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 410        | 25  | 63    | 0.391        | 451     | 22  | 104   | 0.210        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 460        | 27  | 63    | 0.424        | 421     | 23  | 104   | 0.226        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 440        | 27  | 63    | 0.426        | 481     | 24  | 104   | 0.229        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250 | 410        | 26  | 63    | 0.406        | 451     | 22  | 104   | 0.215        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 412        | 3   | 37    | 0.074        | 455     | 3   | 77    | 0.042        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 442        | 3   | 37    | 0.076        | 470     | 3   | 77    | 0.040        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452        | 3   | 37    | 0.077        | 430     | 3   | 77    | 0.040        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 0   | 37    | 0.012        | 460     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0   | 37    | 0.013        | 440     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0   | 37    | 0.013        | 440     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481        | 7   | 64    | 0.104        | 440     | 8   | 77    | 0.110        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 9   | 38    | 0.249        | 481     | 7   | 77    | 0.096        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 9   | 36    | 0.248        | 482     | 7   | 77    | 0.096        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 482        | 7   | 64    | 0.103        | 440     | 8   | 77    | 0.103        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421        | 7   | 64    | 0.107        | 460     | 9   | 77    | 0.113        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 10  | 38    | 0.255        | 421     | 8   | 77    | 0.098        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 9   | 36    | 0.252        | 412     | 7   | 77    | 0.097        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 412        | 7   | 64    | 0.104        | 460     | 8   | 77    | 0.105        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421        | 7   | 64    | 0.111        | 460     | 9   | 77    | 0.113        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 10  | 38    | 0.256        | 421     | 8   | 77    | 0.102        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 9   | 36    | 0.242        | 431     | 7   | 77    | 0.095        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 431        | 6   | 64    | 0.101        | 460     | 8   | 77    | 0.100        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451        | 7   | 64    | 0.113        | 410     | 8   | 77    | 0.107        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410        | 9   | 38    | 0.241        | 451     | 8   | 77    | 0.103        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410        | 8   | 36    | 0.234        | 442     | 8   | 77    | 0.101        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 442        | 7   | 64    | 0.108        | 410     | 7   | 77    | 0.097        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451        | 7   | 64    | 0.114        | 410     | 8   | 77    | 0.108        |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 410 | 9          | 38  | 0.244 | 451          | 8       | 77  | 0.105 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 410 | 8          | 36  | 0.234 | 452          | 8       | 77  | 0.102 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 452 | 7          | 64  | 0.109 | 410          | 7       | 77  | 0.097 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 481 | 7          | 64  | 0.111 | 440          | 9       | 77  | 0.112 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440 | 10         | 38  | 0.253 | 481          | 8       | 77  | 0.101 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440 | 9          | 36  | 0.238 | 471          | 7       | 77  | 0.094 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 471 | 6          | 64  | 0.100 | 440          | 8       | 77  | 0.098 |              |

| Pnl | Typ | Perfil         | fy  | Compresión |     |     |              | Tensión |     |     |              |
|-----|-----|----------------|-----|------------|-----|-----|--------------|---------|-----|-----|--------------|
|     |     |                |     | case       | Pu  | iPn | Pu/iPn       | Case    | Pu  | iPn | Pu/iPn       |
| 11  | M   | L4"x3/8"       | 345 | 440        | 336 | 508 | 0.663        | 481     | 278 | 566 | 0.492        |
|     | M   | L4"x3/8"       | 345 | 460        | 342 | 508 | <b>0.674</b> | 421     | 283 | 566 | 0.500        |
|     | M   | L4"x3/8"       | 345 | 410        | 328 | 508 | 0.646        | 451     | 291 | 566 | <b>0.515</b> |
|     | D   | L2"x3/16"      | 250 | 460        | 24  | 62  | 0.389        | 421     | 20  | 104 | 0.197        |
|     | D   | L2"x3/16"      | 250 | 440        | 23  | 62  | 0.376        | 481     | 20  | 104 | 0.190        |
|     | D   | L2"x3/16"      | 250 | 410        | 25  | 62  | 0.397        | 452     | 22  | 104 | 0.210        |
|     | D   | L2"x3/16"      | 250 | 460        | 27  | 62  | 0.425        | 421     | 23  | 104 | 0.224        |
|     | D   | L2"x3/16"      | 250 | 440        | 27  | 62  | 0.428        | 481     | 24  | 104 | 0.227        |
|     | D   | L2"x3/16"      | 250 | 410        | 26  | 62  | 0.410        | 451     | 22  | 104 | 0.214        |
|     | H   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 412        | 3   | 34  | 0.089        | 455     | 4   | 77  | 0.047        |
|     | H   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 442        | 3   | 34  | 0.091        | 470     | 3   | 77  | 0.045        |
|     | H   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452        | 3   | 34  | 0.093        | 430     | 3   | 77  | 0.045        |
|     | T   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460        | 0   | 33  | 0.013        | 460     | 0   | 77  | 0.006        |
|     | T   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0   | 33  | 0.013        | 440     | 0   | 77  | 0.006        |
|     | T   | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440        | 0   | 33  | 0.013        | 440     | 0   | 77  | 0.006        |

|   |                |     |     |    |    |       |     |   |    |       |
|---|----------------|-----|-----|----|----|-------|-----|---|----|-------|
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 7  | 62 | 0.118 | 440 | 9 | 77 | 0.120 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 10 | 37 | 0.261 | 481 | 8 | 77 | 0.100 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 10 | 35 | 0.269 | 482 | 8 | 77 | 0.105 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 482 | 8  | 62 | 0.122 | 440 | 9 | 77 | 0.117 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421 | 8  | 62 | 0.121 | 460 | 9 | 77 | 0.122 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 10 | 37 | 0.267 | 421 | 8 | 77 | 0.103 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 10 | 35 | 0.273 | 412 | 8 | 77 | 0.106 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 412 | 8  | 62 | 0.123 | 460 | 9 | 77 | 0.119 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421 | 8  | 62 | 0.125 | 460 | 9 | 77 | 0.123 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 10 | 37 | 0.269 | 421 | 8 | 77 | 0.106 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 9  | 35 | 0.262 | 431 | 8 | 77 | 0.103 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 431 | 7  | 62 | 0.119 | 460 | 9 | 77 | 0.113 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451 | 8  | 62 | 0.126 | 410 | 9 | 77 | 0.117 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 9  | 37 | 0.256 | 451 | 8 | 77 | 0.107 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 9  | 35 | 0.256 | 442 | 8 | 77 | 0.109 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 442 | 8  | 62 | 0.126 | 485 | 9 | 77 | 0.112 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451 | 8  | 62 | 0.128 | 410 | 9 | 77 | 0.119 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 10 | 37 | 0.259 | 451 | 8 | 77 | 0.108 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 9  | 35 | 0.257 | 452 | 8 | 77 | 0.110 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452 | 8  | 62 | 0.127 | 415 | 9 | 77 | 0.112 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 8  | 62 | 0.124 | 440 | 9 | 77 | 0.122 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 10 | 37 | 0.266 | 481 | 8 | 77 | 0.105 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 9  | 35 | 0.258 | 471 | 8 | 77 | 0.103 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 471 | 7  | 62 | 0.119 | 440 | 9 | 77 | 0.111 |

| Pnl | Typ            | Perfil         | fy         | Compresión |     |       |              | Tensión |     |       |              |
|-----|----------------|----------------|------------|------------|-----|-------|--------------|---------|-----|-------|--------------|
|     |                |                |            | case       | Pu  | iPn   | Pu/iPn       | Case    | Pu  | iPn   | Pu/iPn       |
| 12  | M              | L5"x3/8"       | <b>345</b> | 440        | 381 | 671   | 0.567        | 481     | 316 | 723   | 0.437        |
|     | M              | L5"x3/8"       | <b>345</b> | 460        | 387 | 671   | <b>0.576</b> | 421     | 321 | 723   | 0.443        |
|     | M              | L5"x3/8"       | <b>345</b> | 410        | 373 | 671   | 0.556        | 451     | 329 | 723   | <b>0.454</b> |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 460        | 28  | 62    | 0.448        | 421     | 23  | 104   | 0.224        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 440        | 27  | 62    | 0.434        | 481     | 22  | 104   | 0.217        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 410        | 28  | 62    | 0.452        | 451     | 24  | 104   | 0.235        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 460        | 30  | 62    | 0.479        | 421     | 26  | 104   | 0.247        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 440        | 30  | 62    | 0.480        | 481     | 26  | 104   | 0.249        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 410        | 29  | 62    | 0.464        | 451     | 25  | 104   | 0.239        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 3   | 32    | 0.103        | 455     | 4   | 77    | 0.050        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 442        | 3   | 32    | 0.103        | 470     | 4   | 77    | 0.048        |
|     | H              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 452        | 3   | 32    | 0.105        | 415     | 4   | 77    | 0.048        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 0   | 31    | 0.016        | 460     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 0   | 31    | 0.016        | 440     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 0   | 31    | 0.016        | 440     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 481        | 10  | 61    | 0.156        | 440     | 12  | 77    | 0.154        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 11  | 36    | 0.316        | 481     | 9   | 77    | 0.119        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 11  | 35    | 0.310        | 440     | 12  | 77    | 0.154        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 481        | 9   | 61    | 0.146        | 481     | 9   | 77    | 0.119        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 421        | 10  | 61    | 0.160        | 481     | 9   | 77    | 0.115        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 12  | 36    | 0.323        | 421     | 9   | 77    | 0.122        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 11  | 35    | 0.314        | 421     | 9   | 77    | 0.116        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 421        | 9   | 61    | 0.148        | 460     | 11  | 77    | 0.145        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 421        | 10  | 61    | 0.165        | 460     | 12  | 77    | 0.159        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 12  | 36    | 0.328        | 421     | 10  | 77    | 0.126        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 10  | 35    | 0.302        | 421     | 9   | 77    | 0.112        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 421        | 9   | 61    | 0.142        | 460     | 11  | 77    | 0.139        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 451        | 10  | 61    | 0.166        | 410     | 12  | 77    | 0.152        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 410        | 11  | 36    | 0.313        | 451     | 10  | 77    | 0.123        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 410        | 10  | 35    | 0.297        | 442     | 9   | 77    | 0.118        |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 442        | 9          | 61  | 0.151 | 410          | 10      | 77  | 0.137 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 451        | 10         | 61  | 0.168 | 410          | 12      | 77  | 0.154 |              |

|   |                |     |     |    |    |       |     |    |    |       |
|---|----------------|-----|-----|----|----|-------|-----|----|----|-------|
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 11 | 36 | 0.317 | 451 | 10 | 77 | 0.128 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 10 | 35 | 0.296 | 452 | 9  | 77 | 0.119 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452 | 9  | 61 | 0.152 | 410 | 10 | 77 | 0.136 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 10 | 61 | 0.165 | 440 | 12 | 77 | 0.158 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 12 | 36 | 0.324 | 481 | 10 | 77 | 0.125 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 10 | 35 | 0.296 | 481 | 8  | 77 | 0.110 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 471 | 9  | 61 | 0.140 | 440 | 10 | 77 | 0.136 |

| Pnl | Typ            | Perfil         | fy         | Compresión |     |       |              | Tensión |     |       |              |
|-----|----------------|----------------|------------|------------|-----|-------|--------------|---------|-----|-------|--------------|
|     |                |                |            | case       | Pu  | iPn   | Pu/iPn       | Case    | Pu  | iPn   | Pu/iPn       |
| 13  | M              | L6"x3/8"       | <b>345</b> | 440        | 428 | 711   | 0.602        | 481     | 356 | 869   | 0.410        |
|     | M              | L6"x3/8"       | <b>345</b> | 460        | 434 | 711   | <b>0.611</b> | 421     | 361 | 869   | 0.415        |
|     | M              | L6"x3/8"       | <b>345</b> | 410        | 422 | 711   | 0.593        | 451     | 369 | 869   | <b>0.424</b> |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 460        | 28  | 61    | 0.461        | 421     | 24  | 104   | 0.228        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 440        | 27  | 61    | 0.449        | 481     | 23  | 104   | 0.221        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 410        | 28  | 61    | 0.465        | 451     | 25  | 104   | 0.238        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 460        | 30  | 61    | 0.490        | 421     | 26  | 104   | 0.248        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 440        | 30  | 61    | 0.490        | 481     | 26  | 104   | 0.250        |
|     | D              | L2"x3/16"      | 250        | 410        | 39  | 61    | 0.476        | 451     | 25  | 104   | 0.241        |
|     | H              | L2"x3/16"      | 250        | 411        | 5   | 59    | 0.081        | 455     | 6   | 104   | 0.054        |
|     | H              | L2"x3/16"      | 250        | 441        | 5   | 59    | 0.082        | 470     | 5   | 104   | 0.052        |
|     | H              | L2"x3/16"      | 250        | 461        | 5   | 59    | 0.083        | 415     | 5   | 104   | 0.052        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 0   | 28    | 0.016        | 460     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 0   | 28    | 0.016        | 440     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | T              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 0   | 28    | 0.016        | 440     | 0   | 77    | 0.006        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 481        | 12  | 59    | 0.195        | 440     | 14  | 77    | 0.183        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 13  | 35    | 0.369        | 481     | 11  | 77    | 0.138        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 440        | 13  | 34    | 0.371        | 482     | 11  | 77    | 0.140        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 482        | 12  | 59    | 0.194        | 440     | 14  | 77    | 0.178        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 421        | 12  | 59    | 0.199        | 460     | 14  | 77    | 0.187        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 13  | 35    | 0.376        | 421     | 11  | 77    | 0.141        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 13  | 34    | 0.377        | 412     | 11  | 77    | 0.141        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 412        | 12  | 59    | 0.196        | 460     | 14  | 77    | 0.180        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 421        | 12  | 59    | 0.205        | 460     | 15  | 77    | 0.191        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 13  | 35    | 0.384        | 421     | 11  | 77    | 0.145        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 460        | 12  | 34    | 0.362        | 431     | 10  | 77    | 0.136        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 431        | 11  | 59    | 0.189        | 460     | 13  | 77    | 0.173        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 451        | 12  | 59    | 0.205        | 410     | 14  | 77    | 0.183        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 410        | 13  | 35    | 0.384        | 451     | 11  | 77    | 0.145        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 410        | 12  | 34    | 0.362        | 442     | 11  | 77    | 0.143        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 442        | 12  | 59    | 0.189        | 485     | 13  | 77    | 0.172        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 451        | 12  | 59    | 0.358        | 410     | 14  | 77    | 0.185        |
|     | R              | L 1.1/2"x3/16" | 250        | 410        | 13  | 35    | 0.201        | 451     | 11  | 77    | 0.146        |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 410        | 12         | 34  | 0.372 | 452          | 11      | 77  | 0.145 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 452        | 12         | 59  | 0.357 | 415          | 13      | 77  | 0.171 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 481        | 12         | 59  | 0.204 | 440          | 14      | 77  | 0.189 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440        | 13         | 35  | 0.380 | 481          | 11      | 77  | 0.144 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 440        | 12         | 34  | 0.356 | 471          | 10      | 77  | 0.135 |              |
| R   | L 1.1/2"x3/16" | 250            | 471        | 11         | 59  | 0.188 | 440          | 13      | 77  | 0.170 |              |

| Pnl | Typ       | Perfil    | fy         | Compresión |     |       |              | Tensión |     |       |              |
|-----|-----------|-----------|------------|------------|-----|-------|--------------|---------|-----|-------|--------------|
|     |           |           |            | case       | Pu  | iPn   | Pu/iPn       | Case    | Pu  | iPn   | Pu/iPn       |
| 14  | M         | L6"x3/8"  | <b>345</b> | 440        | 474 | 711   | 0.666        | 481     | 396 | 869   | 0.455        |
|     | M         | L6"x3/8"  | <b>345</b> | 460        | 481 | 711   | <b>0.676</b> | 421     | 400 | 869   | 0.460        |
|     | M         | L6"x3/8"  | <b>345</b> | 410        | 469 | 711   | 0.659        | 451     | 408 | 869   | <b>0.469</b> |
|     | D         | L2"x3/16" | 250        | 460        | 29  | 61    | 0.483        | 421     | 24  | 104   | 0.233        |
|     | D         | L2"x3/16" | 250        | 440        | 29  | 61    | 0.473        | 481     | 24  | 104   | 0.228        |
|     | D         | L2"x3/16" | 250        | 410        | 29  | 61    | 0.481        | 451     | 25  | 104   | 0.240        |
| D   | L2"x3/16" | 250       | 460        | 30         | 61  | 0.499 | 421          | 25      | 104 | 0.246 |              |

|   |                |     |     |    |    |       |     |    |     |       |
|---|----------------|-----|-----|----|----|-------|-----|----|-----|-------|
| D | L2"x3/16"      | 250 | 440 | 30 | 61 | 0.497 | 481 | 26 | 104 | 0.246 |
| D | L2"x3/16"      | 250 | 410 | 30 | 61 | 0.489 | 451 | 25 | 104 | 0.243 |
| H | L2"x3/16"      | 250 | 460 | 4  | 56 | 0.073 | 455 | 5  | 104 | 0.044 |
| H | L2"x3/16"      | 250 | 460 | 4  | 56 | 0.073 | 485 | 4  | 104 | 0.042 |
| H | L2"x3/16"      | 250 | 461 | 4  | 56 | 0.073 | 415 | 4  | 104 | 0.042 |
| T | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 1  | 25 | 0.021 | 460 | 1  | 77  | 0.007 |
| T | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 1  | 25 | 0.021 | 440 | 1  | 77  | 0.007 |
| T | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 1  | 25 | 0.021 | 440 | 1  | 77  | 0.007 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 13 | 58 | 0.225 | 440 | 16 | 77  | 0.210 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 14 | 34 | 0.418 | 481 | 11 | 77  | 0.150 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 10 | 33 | 0.300 | 481 | 8  | 77  | 0.109 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 9  | 58 | 0.158 | 440 | 11 | 77  | 0.144 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421 | 13 | 58 | 0.229 | 460 | 16 | 77  | 0.214 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 14 | 34 | 0.427 | 421 | 12 | 77  | 0.153 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 10 | 33 | 0.302 | 421 | 8  | 77  | 0.109 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421 | 9  | 58 | 0.158 | 460 | 11 | 77  | 0.145 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421 | 14 | 58 | 0.236 | 460 | 17 | 77  | 0.217 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 15 | 34 | 0.432 | 421 | 12 | 77  | 0.157 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 460 | 9  | 33 | 0.286 | 421 | 8  | 77  | 0.101 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 421 | 8  | 58 | 0.146 | 460 | 10 | 77  | 0.137 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451 | 14 | 58 | 0.235 | 410 | 16 | 77  | 0.209 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 14 | 34 | 0.417 | 451 | 12 | 77  | 0.157 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 9  | 33 | 0.286 | 451 | 8  | 77  | 0.108 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451 | 9  | 58 | 0.157 | 410 | 11 | 77  | 0.137 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 451 | 14 | 58 | 0.238 | 410 | 16 | 77  | 0.211 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 14 | 34 | 0.421 | 451 | 12 | 77  | 0.158 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 410 | 9  | 33 | 0.281 | 451 | 8  | 77  | 0.107 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 452 | 9  | 58 | 0.155 | 410 | 10 | 77  | 0.135 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 14 | 58 | 0.235 | 440 | 16 | 77  | 0.215 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 15 | 34 | 0.428 | 481 | 12 | 77  | 0.156 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 440 | 9  | 33 | 0.278 | 481 | 8  | 77  | 0.098 |
| R | L 1.1/2"x3/16" | 250 | 481 | 8  | 58 | 0.142 | 440 | 10 | 77  | 0.133 |

Los máximos ratios de esfuerzos en los elementos por cada panel son los siguientes:

| Panel | Perfil         | Ratio máximo |
|-------|----------------|--------------|
| 1     | L 1.1/2"x3/16" | 0.202        |
| 2     | L 1.1/2"x3/16" | 0.281        |
| 3     | L2"x3/16"      | 0.474        |
| 4     | L 1.1/2"x3/16" | 0.463        |
| 5     | L 1.1/2"x3/16" | 0.462        |
| 6     | L 1.1/2"x3/16" | 0.672        |
| 7     | L4"x1/4"       | 0.485        |
| 8     | L4"x1/4"       | 0.645        |
| 9     | L4"x5/16"      | 0.575        |
| 10    | L4"x5/16"      | 0.686        |
| 11    | L4"x3/8"       | 0.674        |
| 12    | L5"x3/8"       | 0.576        |
| 13    | L6"x3/8"       | 0.611        |
| 14    | L6"x3/8"       | 0.676        |

Diseño por operación:

Se verifica la deflexión y torsión en la parte superior de la torre.

**Desplazamientos:**

| Case | Trans - X      | Trans - Y      |
|------|----------------|----------------|
| 410  | -0.2333        | -0.0047        |
| 411  | -0.2373        | -0.0044        |
| 412  | -0.1951        | -0.1210        |
| 415  | -0.1911        | -0.1213        |
| 420  | -0.1034        | -0.2043        |
| 421  | -0.1073        | -0.2041        |
| 430  | 0.0119         | -0.2391        |
| 431  | 0.0079         | -0.2388        |
| 440  | 0.1373         | -0.2167        |
| 441  | 0.1334         | -0.2165        |
| 442  | 0.2160         | -0.1180        |
| 445  | 0.2200         | -0.1183        |
| 450  | 0.2497         | 0.0045         |
| 451  | 0.2457         | 0.0047         |
| 452  | 0.2193         | 0.1211         |
| 455  | 0.2232         | 0.1209         |
| 460  | 0.1435         | 0.2166         |
| 461  | 0.1395         | 0.2169         |
| 470  | 0.0197         | 0.2390         |
| 471  | 0.0158         | 0.2392         |
| 480  | -0.0970        | 0.2030         |
| 481  | -0.1010        | 0.2033         |
| 482  | -0.1945        | 0.1153         |
| 485  | -0.1905        | 0.1150         |
| 800  | <b>-0.2449</b> | 0.0044         |
| 801  | -0.2489        | 0.0047         |
| 810  | 0.0159         | <b>-0.2628</b> |
| 811  | 0.0119         | -0.2625        |
| 1400 | 0.0132         | -0.0010        |
| 1410 | -0.1399        | -0.0033        |
| 1415 | -0.1135        | -0.0762        |
| 1420 | -0.0587        | -0.1281        |
| 1430 | 0.0134         | -0.1499        |
| 1440 | 0.0918         | -0.1359        |
| 1445 | 0.1434         | -0.0744        |
| 1450 | 0.1620         | 0.0023         |
| 1455 | 0.1455         | 0.0751         |
| 1460 | 0.0956         | 0.1349         |
| 1470 | 0.0183         | 0.1489         |
| 1480 | -0.0547        | 0.1264         |
| 1485 | -0.1132        | 0.0715         |
| 1800 | -0.2449        | 0.0044         |
| 1810 | 0.0159         | -0.2628        |

Desplazamiento máximo = 0.2628m, deflexión= 0.376°

**Rotación:**

| Pnl | Altura | Case | X-rot  | Case | Y-rot  | Case | Z-rot         |
|-----|--------|------|--------|------|--------|------|---------------|
| 1   | 36     | 1430 | 0.4000 | 1450 | 0.4506 | 1470 | <b>0.0926</b> |
| 2   | 34     | 1430 | 0.3985 | 1450 | 0.4487 | 1470 | 0.0873        |
| 3   | 32     | 1430 | 0.3916 | 1450 | 0.4392 | 1470 | 0.0806        |
| 4   | 30     | 1430 | 0.3785 | 1450 | 0.4241 | 1470 | 0.0727        |
| 5   | 28     | 1430 | 0.3673 | 1450 | 0.4088 | 1470 | 0.0650        |
| 6   | 26     | 1430 | 0.3497 | 1450 | 0.3868 | 1470 | 0.0574        |
| 7   | 24     | 1430 | 0.3251 | 1450 | 0.3563 | 1470 | 0.0498        |
| 8   | 21     | 1430 | 0.2899 | 1450 | 0.3135 | 1470 | 0.0385        |
| 9   | 18     | 1430 | 0.2457 | 1450 | 0.2625 | 1470 | 0.0294        |
| 10  | 15     | 1430 | 0.2025 | 1450 | 0.2145 | 1470 | 0.0219        |
| 11  | 12     | 1470 | 0.1536 | 1450 | 0.1614 | 1470 | 0.0176        |
| 12  | 9      | 1470 | 0.1080 | 1450 | 0.1127 | 1470 | 0.0148        |
| 13  | 6      | 1470 | 0.0699 | 1450 | 0.0725 | 1470 | 0.0068        |
| 14  | 3      | 1470 | 0.0357 | 1450 | 0.0369 | 1470 | 0.0105        |

Torsión máxima = 0.0926°

Reacciones en la base:

Reacciones en la base por cargas mayoradas

| Case | Nodo      | FX      | FY      | FZ     | MX       | MY       | MZ     |
|------|-----------|---------|---------|--------|----------|----------|--------|
| 410  | Resultant | 43.430  | 0.358   | 76.276 | -12.678  | 939.034  | 0.759  |
| 411  | Resultant | 43.430  | 0.358   | 57.207 | -12.465  | 942.570  | 0.759  |
| 412  | Resultant | 35.124  | 20.158  | 57.207 | -451.615 | 773.514  | -0.805 |
| 415  | Resultant | 35.124  | 20.158  | 76.276 | -451.827 | 769.977  | -0.805 |
| 420  | Resultant | 19.943  | 33.903  | 76.276 | -761.440 | 435.064  | -2.319 |
| 421  | Resultant | 19.943  | 33.903  | 57.207 | -761.228 | 438.600  | -2.319 |
| 430  | Resultant | 0.381   | 40.070  | 76.276 | -893.742 | -2.011   | -3.292 |
| 431  | Resultant | 0.381   | 40.070  | 57.207 | -893.530 | 1.525    | -3.292 |
| 440  | Resultant | -21.453 | 37.226  | 76.276 | -816.725 | -481.890 | -3.254 |
| 441  | Resultant | -21.453 | 37.226  | 57.207 | -816.513 | -478.354 | -3.254 |
| 442  | Resultant | -34.797 | 19.799  | 57.207 | -439.811 | -785.227 | -2.301 |
| 445  | Resultant | -34.797 | 19.799  | 76.276 | -440.023 | -788.763 | -2.301 |
| 450  | Resultant | -39.330 | -0.533  | 76.276 | 16.740   | -896.740 | -0.470 |
| 451  | Resultant | -39.330 | -0.533  | 57.207 | 16.953   | -893.203 | -0.470 |
| 452  | Resultant | -35.092 | -20.314 | 57.207 | 455.531  | -794.958 | 0.977  |
| 455  | Resultant | -35.092 | -20.314 | 76.276 | 455.319  | -798.494 | 0.977  |
| 460  | Resultant | -22.005 | -37.470 | 76.276 | 823.091  | -500.106 | 2.350  |
| 461  | Resultant | -22.005 | -37.470 | 57.207 | 823.304  | -496.569 | 2.350  |

|     |           |        |         |        |          |         |        |
|-----|-----------|--------|---------|--------|----------|---------|--------|
| 470 | Resultant | -0.324 | -40.264 | 76.276 | 898.423  | -25.292 | 3.364  |
| 471 | Resultant | -0.324 | -40.264 | 57.207 | 898.635  | -21.755 | 3.364  |
| 480 | Resultant | 19.376 | -33.932 | 76.276 | 760.677  | 416.323 | 3.323  |
| 481 | Resultant | 19.376 | -33.932 | 57.207 | 760.890  | 419.859 | 3.323  |
| 482 | Resultant | 35.074 | -19.718 | 57.207 | 435.825  | 771.853 | 2.311  |
| 485 | Resultant | 35.074 | -19.718 | 76.276 | 435.613  | 768.316 | 2.311  |
| 800 | Resultant | 22.259 | 0.00    | 76.276 | -0.850   | 436.937 | 4.903  |
| 801 | Resultant | 22.259 | 0.00    | 57.207 | -0.638   | 440.473 | 4.903  |
| 810 | Resultant | 0.00   | 22.259  | 76.276 | -451.933 | -14.146 | -0.522 |
| 811 | Resultant | 0.00   | 22.259  | 57.207 | -451.721 | -10.610 | -0.522 |

Reacciones en la base por cargas de servicio.

| Case | Nodo      | FX      | FY      | FZ     | MX       | MY        | MZ     |
|------|-----------|---------|---------|--------|----------|-----------|--------|
| 1400 | Resultant | 0.000   | 0.000   | 63.564 | -0.708   | -11.789   | 0.000  |
| 1410 | Resultant | 27.144  | 0.224   | 76.276 | -8.243   | 581.591   | 0.475  |
| 1415 | Resultant | 21.953  | 12.599  | 76.276 | -282.711 | 475.931   | -0.503 |
| 1420 | Resultant | 12.465  | 21.190  | 76.276 | -476.219 | 266.610   | -1.449 |
| 1430 | Resultant | 0.238   | 25.044  | 76.276 | -558.908 | -6.562    | -2.058 |
| 1440 | Resultant | -13.408 | 23.266  | 76.276 | -510.772 | -306.486  | -2.034 |
| 1445 | Resultant | -21.748 | 12.374  | 76.276 | -275.333 | -498.2.82 | -1.438 |
| 1450 | Resultant | -24.581 | 0.333   | 76.276 | 10.144   | -565.767  | -0.294 |
| 1455 | Resultant | -21.932 | -12.696 | 76.276 | 284.255  | -504.364  | 0.610  |
| 1460 | Resultant | -13.753 | -23.419 | 76.276 | 514.113  | -317.871  | 1.468  |
| 1470 | Resultant | -0.203  | -25.165 | 76.276 | 561.195  | -21.112   | 2.103  |
| 1480 | Resultant | 12.110  | -21.207 | 76.276 | 475.105  | 254.897   | 2.077  |
| 1485 | Resultant | 21.921  | -12.324 | 76.276 | 271.939  | 474.893   | 1.445  |
| 1800 | Resultant | 22.259  | 0.000   | 76.276 | -0.850   | 436.937   | 4.903  |
| 1810 | Resultant | 0.000   | 22.259  | 76.276 | -451.933 | -14.146   | -0.522 |

### Análisis y diseño de cimentación.

Propiedades de los materiales:

Concreto Armado:

|                                       |                           |
|---------------------------------------|---------------------------|
| Resistencia a la compresión ( $f_c$ ) | 210Kg/cm <sup>2</sup>     |
| Módulo de elasticidad ( $E_c$ )       | 217,371Kg/cm <sup>2</sup> |
| Densidad del concreto ( $P_c$ )       | 2.4Ton/m <sup>3</sup>     |

### Acero ASTM A615

|                           |      |                           |
|---------------------------|------|---------------------------|
| Límite de fluencia        | (Fy) | 4200Kg/cm <sup>2</sup>    |
| Resistencia a la tracción | (Fu) | 6320Kg/cm <sup>2</sup>    |
| Módulo de elasticidad     | (Es) | 2040000Kg/cm <sup>2</sup> |

### Suelo

|                        |  |                         |
|------------------------|--|-------------------------|
| Clasificación SUCS     | Arcilla inorgánica con alta plasticidad. |                         |
| Densidad               | (Ps)                                     | 1.837Ton/m <sup>3</sup> |
| Coeficiente de balasto | (Kv)                                     | 0.633kg/cm <sup>3</sup> |
| Capacidad admisible    | (q <sub>adm</sub> )                      | 0.75Kg/cm <sup>2</sup>  |

### Geometría de zapata

B= 5.0m, L= 5.0m, H= 0.50m

### Cargas para diseño

#### Carga muerta:

|                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| Peso de zapata y pedestal:  | 31.84 Ton                |
| Peso de suelo sobre zapata: | 2388.1 Kg/m <sup>2</sup> |
| Peso de la torre            | 63.56 KN                 |

#### Carga viva:

|                                     |                       |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Sobrecarga sobre el piso terminado: | 200 Kg/m <sup>2</sup> |
|-------------------------------------|-----------------------|

### Combinaciones de carga:

Servicio: 1.0D + 1.0L + 1.0W

Resistencia: 1.2D + 1.6L + 1.6W

Se considera las cargas de servicio más críticas que se producen en el pedestal.

Verificación de asentamiento inmediato.

Según el programa SAFE y usando las cargas de servicio se obtiene el asentamiento inmediato máximo con el caso de carga de viento en dirección 30° del eje X.

$$\Delta_{\text{máx.}} = 0.731\text{cm} < 2.54\text{cm}$$

Verificación de presión en el suelo.

Usando cargas de servicio se obtiene la presión máxima en el suelo:

$$q_{\text{max}} = 0.333 \text{ kg/cm}^2 < 0.75 \text{ kg/cm}^2 = q_{\text{adm}}$$

Verificación del volteo:

Usando cargas de servicio se obtiene los momentos máximos respecto a los ejes principales.

| Case | Momentos respecto a X-X | Momentos respecto a Y-Y |
|------|-------------------------|-------------------------|
| 1400 | 0.07                    | 1.20                    |
| 1410 | 0.79                    | <b>65.10</b>            |
| 1415 | 26.12                   | 53.21                   |
| 1420 | 44.01                   | 29.85                   |
| 1430 | 51.61                   | 0.62                    |
| 1440 | 47.09                   | 34.11                   |
| 1445 | 25.42                   | 55.45                   |
| 1450 | 0.96                    | 62.93                   |
| 1455 | 26.26                   | 56.11                   |
| 1460 | 47.39                   | 35.35                   |
| 1470 | 51.82                   | 2.20                    |
| 1480 | 43.89                   | 28.58                   |

Momento máximo 65.10 Ton - m

Fuerzas resistentes al volteo

| Elemento   | Ancho | Largo | Alto | Cantidad | Peso Especifico | Tonf  | Mr (Tonf-m)   |
|------------|-------|-------|------|----------|-----------------|-------|---------------|
| Zapata     | 5.00  | 5.00  | 0.50 | 1        | 2.4             | 30.00 | 75.00         |
| Pedestal   | 0.50  | 0.50  | 1.60 | 3        | 2.4             | 2.88  | 7.2           |
| Relleno    | 5.00  | 5.00  | 1.30 | 1        | 1.84            | 58.56 | 146.39        |
| Torre      |       |       |      |          |                 | 6.48  | 18.60         |
| Resultante |       |       |      |          |                 | 97.92 | <b>247.19</b> |

Factor de seguridad de volteo =  $247.19 / 65.10 = 3.79$

Verificación al corte:

Usando cargas de resistencia última se verifica:

Cortante última máxima:  $V_u = 10.8 \text{ Ton/m}$

Resistencia al corte de la zapata:  $\Phi V_c = 32.63 \text{ Ton/m}$

$$\Phi V_c > V_u$$

Diseño de refuerzo de la zapata:

Para el cálculo del refuerzo se considera el momento máximo positivo y negativo en la dirección más crítica.

$$M_{u^- \text{ máx.}} = 8.15 \text{ Tonf} \cdot \text{m}$$

$$M_{u^+ \text{ máx.}} = 12.07 \text{ Tonf} \cdot \text{m}$$

$$A_{s \text{ min}} = 9 \text{ cm}^2$$

Se propone  $\Phi 5/8'' @ 0.20 \text{ m}$ , entonces  $A_s = 9.9 \text{ cm}^2$

$$M_r = \Phi M_n = 14.48 \text{ Tonf} \cdot \text{m}$$

$$\Phi M_n > M_{u^+ \text{ máx.}} > M_{u^- \text{ máx.}}$$

Diseño de pedestal:

Sección propuesta:  $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$

Área de la Sección total:  $A_T = 2500 \text{ cm}^2$

Cuantía mínima (1%)  $A_{S \text{ min}} = 25 \text{ cm}^2$

Se propone un armado de 12  $\emptyset$  3/4"  $\rightarrow$   $p=1.36\% = 34.2\text{cm}^2$

**Cargas de servicio:**

Carga muerta

$$P_z = 331.452 \text{ KN}$$

$$F_x = 18.213 \text{ KN}$$

$$F_y = 0.141 \text{ KN}$$

$$M_x = 0.2256 \text{ KN.m}$$

$$M_y = 29.14 \text{ KN.m}$$

**Cargas últimas:**

$$P_u = 1.6 \times (331.452) = 430.88 \text{ KN} \approx 43.92 \text{ Ton}$$

$$M_u = 1.6 \times (29.14) = 46.62 \text{ KN} \approx 4.75 \text{ Ton.m}$$

En el diagrama de interacción del pedestal se verifica que cumple los requisitos de resistencia del elemento.

Verificación de corte al pedestal

Considerando que el cortante es asumido por el concreto

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c * b_w * d}$$

$b_w$  = Ancho del alma

$d$  = Distancia desde la fibra externa en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

$\emptyset = 0.85$  Factor de reducción de resistencia.

$$\emptyset V_c = 16.32 \text{ Ton}$$

Así mismo el cortante máximo

$$V_u = 1.6 \times F_{max}$$

$V_u$  = Fuerza cortante amplificada

$F_{max} = 18.213 \text{ KN}$  (Del análisis estructural)

$$V_u = 29.14 \text{ KN} \approx 2.97 \text{ Ton}$$

$$V_u = 2.97 \text{ Ton} \leq \emptyset V_c = 16.32 \text{ Ton}$$

### 6.1.3 Panel Fotográfico.

| I.- DATOS SITE  |                 |                                 |                   |                                 |  |                                    |                    |                       |       |              |
|---|-----------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------|--------------|
| <b>Nombre del Site</b>  |                 | 0102162_LI_HABAS HORCO          |                   |                                 |  | <b>Código Site</b>                 |                    | 0102162_LI            |       |              |
| <b>Nombre Site<br/>Torrera/Operador</b>   |                 | HABAS HORCO                     |                   |                                 |  | <b>Código Torrera<br/>Operador</b> |                    | CSS_44300001          |       |              |
| <b>Dirección:</b>   |                 | PARCELA 554, SECTOR SHAYAPUAYCO |                   |                                 |  |                                    |                    |                       |       |              |
| <b>Distrito:</b>  |                 | MARCABAL                        | <b>Provincia:</b> |                                 | HUAMACHUCO   | <b>Departamento:</b>               |                    | LA LIBERTAD           |       |              |
| <b>Coordenadas en<br/>Decimales</b>   |                 | Latitud: -7.71867               |                   |                                 | Longitud: -77.97091  |                                    |                    |                       |       |              |
| II.- INFORMACIÓN DEL SITIO  |                 |                                 |                   |                                 |  |                                    |                    |                       |       |              |
| <b>Urbano / Rural</b>   |                 | RURAL                           |                   | <b>Tipo de<br/>Sitio:</b>       |  | GREENFIELD                         |                    | <b>Tipo de Torre:</b> |       | TAT          |
| <b>Altura de Torre<br/>(mts):</b>   |                 | 36.00m                          |                   | <b>Altura<br/>Edificio (m):</b> |  | 0.00m                              |                    | <b>Altura Total:</b>  |       | 36.00m       |
| H RF: 35m   | RF1 AZ:<br>185° | RF2 AZ:<br>255°                 | RF3 AZ:<br>315°   |                                 | MW1:<br>1.20m  | H MW1:<br>33.00m                   | AZ MW1:<br>215.89° | MW2                   | H MW2 | AZ<br>MW2    |
| <b>Energía:</b>   |                 | LBT:                            |                   | LMT: x                          |  | <b>Medidor:</b><br>63695951        |                    | Definitiva: X         |       | Provisional: |
| IV.- FOTO PANORÁMICA DEL SITIO  |                 |                                 |                   |                                 |  |                                    |                    |                       |       |              |
|   |                 |                                 |                   |                                 |   |                                    |                    |                       |       |              |
|  |                 |                                 |                   |                                 |  |                                    |                    |                       |       |              |





#### **6.1.4 Observaciones del Proyecto.**

Se analizó en el proceso de diseño, construcción y puesta en marcha los siguientes hallazgos u observaciones:

##### ***Diseño.***

- En el expediente técnico se detectaron incompatibilidades en los planos y en las especificaciones técnicas.

##### ***Construcción.***

- Se generaron retrasos de obra en el acarreo de materiales y equipos debido al bajo rendimiento y costo elevado del personal de zona.
- Debido al alto costo del acarreo se validó modificar el tipo de cerco perimétrico de albañilería confinada a cerco de planchas metálicas.
- El diseño de mezcla de concreto no consideró el aditivo acelerante de fragua. En el proceso de fabricación del concreto se utilizó el aditivo solo según las indicaciones de las hojas técnicas del producto.
- No se realizó un procedimiento estándar para la utilización de concreto en bajas temperaturas ni se verificó que las condiciones ambientales lo requirieran.
- No se realizó un ensayo de compactación Proctor para controlar la calidad de la compactación del terreno.
- En el proceso de instalación de torre se reportó la falta de piezas y pernería por lo que se paralizó el montaje hasta la reposición de los materiales.
- La torre y sus accesorios no se pintaron. Se instalaron con acabado de galvanizado y se detectaron algunos puntos de desprendimiento de galvanizado generados en el proceso de acarreo, manipulación e instalación. Se corrigió utilizando un galvanizado en frío de recubrimiento en zinc.

- Se observó el desprendimiento de la soldadura de uno de los pozos a tierra debido a un mal procedimiento constructivo, se procedió a rehacer la soldadura.
- Se detectaron algunos puntos de desprendimiento de galvanizado y puntos de inicio de oxidación en planchas metálicas del cerco perimétrico Se corrigió utilizando un galvanizado en frío de recubrimiento en zinc.
- Se observó el incorrecto funcionamiento de la apertura y cerradura de la chapa de la puerta de acceso a la estación.
- Se observó que no todas las estructuras metálicas estaban correctamente aterradas al sistema de puesta a tierra.
- La obra civil culminó retrasado 16 días calendario en relación con el cronograma inicial de Obra de 60 días. Adicional a ello no se pudo realizar la entrega debido a que no se tenía instalado el suministro de energía del sistema de utilización de media tensión, por lo que el retraso total fue de 35 días calendario después del cual se procedió con las pruebas eléctricas y el protocolo de aceptación de obra
- La contratista de obra no contaba con la matriz IPERC para la construcción de la estación base celular tipo Greenfield, se verificó la utilización de formatos de permisos para trabajos de riesgo (PETAR), análisis de trabajo seguro (AST) y las charlas de seguridad de prevención.

### ***Puesta en marcha.***

- En el proceso de implementación y puesta en marcha de la estación base, se tuvo dificultades en el transporte y acarreo de equipos y accesorios debido al mal estado de las vías de acceso, el mal clima, así como el alto costo de acarreo por del personal en zona.

## 6.2 EBC VIVERO BOSQUE MASTIL ARRIOSTRADO

### 6.2.1 Resumen Ejecutivo

#### Datos Generales

- Proyecto: EBC Vivero Bosque
- Ubicación: Jr. Arequipa 114 – Urbanización Caja de Agua, Distrito de San Juan de Lurigancho, Provincia y departamento de Lima.
- Coordenadas Geográficas: Latitud: -12.02804 °, Longitud: -77.01353 °
- Proveedor de Infraestructura Pasiva: Cell Site Solutions Perú SAC
- Área Arrendada: 45.36m<sup>2</sup>

#### Torre:

- 01 mástil arriostrado de 5.50m de tubo SCH40 de 4"
- 02 arriostres de tubo SCH de 2 1/2"
- 03 mástiles arriostrados de 3.00m de tubo SCH40 de 4" para 2do operador
- 01 arriostre de tubo SCH de 2"
- 03 soportes para antena RF Tubo 2-1/2" x 3.00m
- 01 soporte para antena MW Tubo 4" x 1.00m
- Soporte de feeders: Longitud 0.47m, Horizontal L2"x2" con sujeción U-bolt
- Pasos peatonales: Varilla lisa  $\Phi 5/8$ ".
- Soporte de L2"x2" para barras borneras de aterramiento
- Cargas de diseño: 01 Operador  
Carrier por cada operador
  - o 03 antenas RF de 1.45m x 0.32m, altura= 5.18m
  - o 03 antenas RRU de 0.44m x 0.30m, altura=5.18m
  - o 01 antena MW diámetro 0.60m, altura= 5.03m
- Velocidad de diseño: 100Km/h
- Velocidad de Operación: 75Km/h

#### Cimentación:

- Edificación de uso de vivienda de 4 pisos con N.P.T. 11.40m
- Pedestal de mástil: 0.40x0.40x0.40m; 4  $\Phi 5/8$ ",  $\Phi 3/8$  2@ 0.05, Rto. @.10m  
Concreto Armado  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$

Acero Corrugado ASTM A-615  $f_y=4200\text{Kg/cm}^2$

Aditivo de anclaje Sikadur31

Aditivo de concreto nuevo con concreto viejo Sikadur32.

- Acabado de base imprimante con pintura esmalte color gris.

### **Cerramiento**

- Perímetro: 28.00 metros lineales
- Cerco de planchas de polímero de altura 3.00m acabado de base imprimante con pintura esmalte color blanco.
- Sardinel de Concreto reforzado con varilla de  $\Phi 3/8$  de 0.15m de altura anclado a la losa existente de concreto, acabado de base imprimante con pintura esmalte color gris oscuro interior y exteriormente.
- Puerta metálica contraplacada 1.20x2.10m con acabado pintura epoxico color gris oscuro interior y exteriormente con cerradura 03 golpes.
- Losa Maciza 8.03mx7.32m  $\Phi 5/8$  @0.20m
- Vigüeta 0.25mx0.20m 4  $\Phi 5/8$ ,  $\Phi 3/8$  1@ 0.05, 10@0.10, Rto. @.15m
- 02 cajas de pase metálica de 200x200x150mm adosado a losa maciza para salida de energía, aterramiento y fibra óptica.
- Escalerillas metálicas galvanizadas de 0.30m de platina de 1 1/2"x1/4" con soportes tipo L sujetado con pernos a losa maciza.
- Estructura de Soporte compuesto por parantes y vigas metálicas de tubo cuadrado de 3"x3"x3/16" de altura 3.00m anclados a la losa existente.
- Mimetizado de paneles de polímero instalados en los 04 lados de 2.40x2.40x2.55 m con acabado pintura color blanco.

### **Instalaciones Eléctricas:**

- **Conexión de Medidor**  
Medidor monofásico 9.9Kw
- **Tablero Eléctrico Integrado para Operador 2F+T/ 220VAC/ 60Hz**  
Gabinete adosado de 0.50x0.90x0.20m  
Interruptor general 3x60A  
Toma y enchufe industrial 3F+1T- 3x63A  
Conmutador de transferencia manual 1-0-2/2x63A – 220v

TVSS Limitador de Sobretensión 40kA  
Equipo de comunicación ITM 2x50A  
Luminarias ITM 2x16A  
Tomacorrientes ITM 2x16A  
Tomacorriente Idrobox toma doble Universal + Tierra

- **Cableado Eléctrico:**

De medidor - Tablero de Operador 1: 2-1x16mm<sup>2</sup> THW  $\Phi$  35mmPVC-P  
Tablero Operador 1 a Equipos: 2- 1x10mm<sup>2</sup> THW  $\Phi$  25mm PVC-P  
Tablero Operador 1 a Tomacorriente: 2-1x4mm<sup>2</sup> THW + 1-1x2.5mm<sup>2</sup>TW (T)  
-  $\Phi$  25mm PVC-P

- **Sistema de Protección a Tierra.**

02 pozos a tierra verticales con tratamiento con Thorgel y bentonita, varillas de cobre de  $\frac{3}{4}$ " interconectadas mediante Cable de Cu de 50mm<sup>2</sup> de longitud de 5 metro lineales, instaladas en cajas de concreto prefabricadas.

Barras Bornera Principal MGB: Platina de Fe de 350x5x50mm 20 agujeros

Barra Bornera Estructuras EGB: Platina de Fe de 350x5x50mm 20 agujeros

Barra Bornera Operador RF-T: Platina de Fe de 200x5x80mm 10 agujeros.

- **Cableado de aterramiento**

Aterramiento de estructuras a Barra EGB: Escalerilla Rack, soporte de polímero, Viga H, puerta metálica, etc. – Cu 1x25mm<sup>2</sup> TW  $\Phi$  25mm PVC-P

Aterramiento de Barras Borneras RFT-EGB a Barra MGB – Cu 1x50mm<sup>2</sup> TW  $\Phi$  25mm PVC-P

Aterramiento de Tablero de Operador y Equipos a Barra RFT- Cu 1x25mm<sup>2</sup> TW  $\Phi$  25mm PVC-P

Aterramiento de bases de Estructura vertical a interconexión de pozos - Cu 1x50mm<sup>2</sup> TW  $\Phi$  25mm PVC-P

Jumpers para unión de estructuras metálicas – 1x25mm<sup>2</sup> TW

Salida para instalación de fibra óptica  $\Phi$  40mm PVC-P instalado con cable guía y proyectado para salida de 03 operadores.

### 6.2.2 Panel Fotográfico.

| I.- DATOS SITE                  |                                    |            |                     |                             |            |
|---------------------------------|------------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|------------|
| Nombre del Site                 | 0102030_LM_VIVERO_BOSQUE_A         |            |                     | Código Site                 | 0102030_LM |
| Nombre Site<br>Torrera/Operador | VIVERO BOSQUE                      |            |                     | Código Torrer<br>/ Operador | 01300033   |
| Dirección:                      | JR. AREQUIPA 114 URB. CAJA DE AGUA |            |                     |                             |            |
| Distrito:                       | SAN JUAN DE LURIGANCHO             | Provincia: | LIMA                | Departamento:               | LIMA       |
| Coordenadas en Decimales        | Latitud: -12.02804                 |            | Longitud: -77.01353 |                             |            |





### 6.2.3 Observaciones del Proyecto:

Se analizó en el proceso de diseño, construcción y puesta en marcha los siguientes hallazgos y observaciones:

#### **Diseño.**

- En el expediente técnico se detectaron incompatibilidades en los planos y especificaciones técnicas lo que generó consultas y solicitudes de cambio por parte de la contratista de obra.
- En la evaluación estructural de la edificación no se realizó un estudio de mecánica de suelos, se asumió un valor de capacidad portante del terreno en base de estudios existente de INDECI y la municipalidad.
- En la evaluación estructural de la edificación no se realizó un relevamiento de la cimentación ni alguna verificación del estado y dimensiones de los elementos estructurales, para fines de la evaluación se asumieron las dimensiones y características en base a una inspección visual.

#### **Construcción.**

- Se tuvo desacuerdos con el propietario debido a que no se pudo definir con precisión en el inicio de obra la ubicación de los pozos a tierra y el recorrido y de las tuberías desde el primer nivel hasta la azotea. Se tuvo que reubicar las tuberías para conseguir una validación por parte del propietario.
- Se detectaron algunos puntos de desprendimiento de galvanizado en algunas estructuras, generadas en el proceso de manipulación e instalación, se corrigió utilizando un galvanizado en frío de recubrimiento en zinc.
- Se observó la falta de sellados con espuma expansiva de las tuberías de los soportes de antenas en el mástil arriostrado.

- Se observó la falta del desfogue de agua para evitar aniegos en la estación.
- Se observó el incorrecto funcionamiento de la apertura y cerradura de la chapa de la puerta de acceso.
- Se observó que no todas las estructuras metálicas estaban correctamente aterradas al sistema de puesta a tierra.
- Se observó mejorar la sujeción de los paneles de polímero tanto del cerco perimétrico como del mimetizado de las antenas.
- La obra civil culminó cumpliendo el cronograma inicial de 25 días calendario, pero no se pudo realizar la entrega debido a que todavía no se tenía instalado el suministro de energía. La entrega se retrasó 10 días calendario después del cual se procedió con las pruebas eléctricas y el protocolo de aceptación de Obra.
- La contratista de obra no contaba con la matriz IPERC para la construcción de la estación base celular tipo Rooftop, se verificó que todo el personal la utilización de formatos de análisis de trabajo seguro (AST) y las charlas de seguridad de prevención.
- La contratista de obra no presentó el manifiesto de entrega de residuos a una empresa operadora de residuos sólidos. Se verificó que cumplió con la clasificación, acopio de material excedente y la limpieza final de obra.

### ***Puesta en marcha.***

- En el proceso de implementación y puesta en marcha de la estación base, se tuvo retrasos en la planificación para el ingreso de equipamiento debido a que la estación se ubicaba en una zona con antecedentes de contingencia social, frente a un colegio y zonas de comercio que dificultaban el acceso. Se realizó un plan de contingencia para que el ingreso de equipos se realice por partes, camuflando los equipos e ingresando en horarios de poco tránsito.

## CONCLUSIONES:

- Basándome en mis experiencias ganadas en los proyectos que he mencionado, los cuales me han servido de base para el presente trabajo de investigación y titulación, puedo concluir que he extraído lecciones aprendidas para mejorar las buenas prácticas en futuros proyectos similares y que se reflejan en las conclusiones y recomendaciones que menciono a continuación:
- Los principales problemas identificados durante la ejecución de obra fueron los siguientes:
  - Incompatibilidad en el expediente técnico que genera deficiencias y retrasos en el proceso constructivo
  - Falta de comunicación o información no clara con el propietario del terreno sobre el alcance de la obra que genera inconformidad en la ejecución de los trabajos en zonas de uso compartido en el predio. (Pozos a tierra, canalización de tuberías de energía y aterramiento).
  - Falta de planificación y control de los trabajos de acarreo de equipos y materiales en zonas rurales, que genera sobrecostos y retrasos en la obra debido al bajo rendimiento y alto costo del personal de zona.
  - Falta de control de calidad en la ejecución del vaciado de cimentación, el diseño de mezcla no contemplaba el aditivo acelerante en su diseño y así mismo no se tuvo un procedimiento estándar para el vaciado de concreto en zonas frías
  - Falta de control de calidad en el proceso de relleno de la cimentación, no se realizó ninguna prueba de compactación del terreno.
  - Falta de control de calidad en la revisión de las estructuras metálicas que llegaron a obra y generaron retrasos debido a que el material estaba incompleto.

- Falta de planificación y control en la gestión de contratación del suministro eléctrico que genera retrasos en la entrega de obra debido a que no se cuenta con el medidor de energía para realizar las pruebas eléctricas cuando la obra civil se concluye.
- Contingencia social por la oposición de la población a la instalación de antenas que genera retrasos y/o paralizaciones.
- No se contaba con la matriz IPERC para poder analizar las actividades de alto riesgo más relevantes en el proceso constructivo:
  - Los trabajos en altura en el proceso de montaje de torre y accesorios.
  - Las excavaciones realizadas en el proceso de cimentación.
  - El izaje de cargas durante el montaje de Monopolos.
- Los impactos ambientales más relevantes en el proceso constructivo de una estación base celular son:
  - Afectación del suelo por la generación de residuos sólidos
  - Incremento en los niveles de ruido por la generación de ruidos.
  - Posible alteración a la calidad de aire debido a la generación de materiales sobrantes y escombros.
- El impacto ambiental más importante en la puesta en marcha de una estación base celular es la emisión de radiaciones no ionizantes por las antenas. Para controlar este impacto se deben realizar mediciones con empresas homologadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones para verificar que las radiaciones emitidas cumplan los límites permisibles
- Según los estudios realizados por la Organización Mundial de La Salud a la fecha no hay evidencia que permitan concluir que la exposición a campos electromagnéticos de baja intensidad sea perjudicial para la salud de las personas.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda una mayor revisión en la elaboración del expediente técnico de construcción para así evitar incompatibilidades que generen un impacto negativo en el proceso constructivo.
- Para el diseño de estaciones base celular implementados en zonas rurales, se recomienda la utilización de cerco perimétrico tipo planchas metálicas para optimizar los tiempos de construcción y evitar sobrecostos por el acarreo del material para un cerco convencional de albañilería confinada.
- En el diseño del sistema puesta a tierra para sitios Rooftop se recomienda que se opten por diseño alternativos como el sistema Proynet que asegura mediciones optimas de baja resistividad y requieren menor intervención en las áreas comunes de la edificación.
- Se recomienda asignar a empresas contratistas calificadas la construcción de la estación base celular asegurando que cuenten con personal con experiencia en obras similares.
- Se recomienda revisar a detalle la ejecución de las partidas que forman parte de la ruta crítica de la construcción de una estación base celular.
  - Contratación de suministro eléctrico.
  - Vaciado de concreto de cimentación de torre.
  - Montaje de torre o izaje de Monopolo
- Se recomienda optimizar la gestión de contratación de suministro eléctrico asignando empresas contratistas exclusivas para esta gestión para poder asegura contar con energía eléctrica al finalizar la obra civil.
- Se recomienda utilizar un procedimiento estándar para la preparación, diseño, pruebas del concreto en climas cálidos y fríos
- Se recomienda la implementación del BIM 3D para optimizar el diseño, fabricación y montaje de la torre.

- Se recomienda que todos los formatos de verificación y protocolos de calidad sean estandarizados.
- Se recomienda que en zonas costeras donde existe una gran exposición a la corrosión atmosférica, todas las estructuras metálicas incluyendo la torre de telecomunicaciones deben tener una protección anticorrosiva que garantice una mayor vida útil a las estructuras.
- Se recomienda que las contratistas incluyan obligatoriamente dentro de sus lineamientos de seguridad y salud en el trabajo el uso de la matriz IPERC (Identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control) que contribuirá a mejorar los procesos constructivos.
- Se recomienda que las contratistas incluyan obligatoriamente dentro de su lineamiento de seguridad el uso de los permisos para trabajos en alto riesgo que contribuirá a mejorar los procesos constructivos.
- Se recomienda un mayor control del cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y control ambiental establecidos en el instrumento de gestión ambiental
- A pesar de que la normativa vigente no lo exija, se recomienda que, en el instrumento de gestión ambiental, requerido para obtener la licencia de construcción, se tenga la obligación de incluir la participación ciudadana comunicando formalmente a la población cercana la construcción de la estación base celular, esto con el fin de anticipar, evitar o conciliar conflictos sociales previo a la construcción.
- Se recomienda como tema investigación para asegurar un correcto procedimiento de montaje la utilización de un rigging plan (plan de izaje) para proyectos similares.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANSI/ TIA-222-G, “Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures”, 2006
- ARIAS CANTOR ANDRÉS FERNANDO y GONZALEZ ROMERO NICOLAS ANDRES, “Guía de Diseño Estructural de Torres de Telecomunicaciones Autosoportadas en Colombia para alturas de 20, 30 y 40 metros” Tesis; Universidad Católica de Colombia, Bogotá – Colombia; 2019.
- DIARIO EL PERUANO, NORMAS LEGALES, “Decreto Supremo que modifica diversos artículos y el Anexo 2 del Reglamento de la Ley N° 29022, Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 003-2015-MTC”; Decreto Supremo N°004-2019-MTC, Lima Perú 2019
- CRUZ ORNETTA, VICTOR; “La Telefonía Móvil y su Salud” Publicación; Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones” INICTEL, 2005.
- MENDOZA SOLORZANO, CESAR TEÓFILO; “Planeamiento y construcción de estaciones desmontables de configuración metálica para telecomunicaciones en zonas rurales de difícil acceso” Tesis; Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima – Perú; 2012
- MORE, JAVIER Y GAVILANO MANUEL; “Estimación del número de estaciones base celular para atender la demanda de servicios móviles en el Perú al año 2025” Documento de Trabajo; Osiptel – Perú 2020
- RIVERA HURTADO, JUAN LUIS; “Diseño de una torre Autosoportada de telecomunicaciones de 120 metros de altura mediante la norma ANSI/TIA-22-G”; Informe de Competencia profesional para optar el título de Ingeniero Civil – Universidad Nacional de Ingeniería (UNI); Lima – Perú; 2015
- ROJAS CASTRO, ROBERTO ANTONIO; “Construcción de estaciones base para telefonía celular en zonas de difícil acceso”; Informe de Competencia profesional para optar el título de Ingeniero Civil – Universidad Nacional de Ingeniería (UNI); Lima – Perú; 2015

## ANEXOS

- Anexo 01      Planos asbuilt EBC – Habas Horco
- Anexo 02      Protocolos y certificados de calidad EBC – Habas Horco
- Anexo 03      Matriz IPERC – Construcción de estación base celular
- Anexo 04      Memoria de cálculo de cimentación – Habas Horco
- Anexo 05      Plano de cimentación – Habas Horco
- Anexo 06      Memoria de cálculo de torre – Habas Horco
- Anexo 07      Plano de torre – Habas Horco





Cachabachi  
**CSS -44300001**  
**\_0102162\_**

**LI\_HABAS\_HORCO**  
 (PUNTO DE COORDENADAS)

LATITUD : -7.71867°  
 LONGITUD : -77.97091°

ayapulito

uil

PLANO DE UBICACION  
 Escala: 1/500

| COORDENADAS GRADOS DECIMALES |            |           |
|------------------------------|------------|-----------|
| LATITUD                      | LONGITUD   | COTA      |
| -7.71867'                    | -77.97091' | 3667 msnm |



CERRO - PARCELA 554  
 SECTOR SHAYAPUAYCO



o Sitacochas  
 o Lluchubamba

o CORRAL  
 PAMPA

o HUAMACHUCO

o CAPACHIQUE

o CURGOS

**UBICACIÓN DEL ACCESO AL SITIO**

EL CANDIDATO SE UBICA EN UN CERRO PARCELA 554, SECTOR SHAYAPUAYCO DESDE LA PROVINCIA DE HUAMACHUCO IR HACIA UN SITIO LLAMADO AGOCAS TOMAR EL DESVIO HACIA LA ZONA DE CHUNGAL POR LA CARRETERA DE CHAYAPUICO CON UN TIEMPO DE 1 HORA LUEGO SE TIENE QUE HACER UN ACARREO DE 229M CON UN TIEMPO DE 12 MINUTOS HASTA LA ANTENA (-7.71867°-77.97091°).

**CUADRO NORMATIVO**

| PARAMETROS                 | R.N.E. | PROYECTO           |
|----------------------------|--------|--------------------|
| USOS                       | -      | TELECOMUNICACIONES |
| DENSIDAD NETA              | -      | -                  |
| COEFICIENTE DE EDIFICACION | -      | -                  |
| AREA LIBRE                 | -      | -                  |
| ALTURA MAXIMA              | -      | -                  |
| RETIRO MINIMO FRONTAL      | -      | -                  |
| ESTACIONAMIENTO            | -      | -                  |

**CUADRO DE AREAS (m2)**

| AREAS                       | TOTAL                 |
|-----------------------------|-----------------------|
| AREA DE ESTACION            |                       |
| LIMITE A-B                  | 8.00 m                |
| LIMITE B-C                  | 8.00 m                |
| LIMITE C-D                  | 8.00 m                |
| LIMITE D-A                  | 8.00 m                |
| AREA DE ESTACION PROYECTADA | 64.00 m <sup>2</sup>  |
| AREA A ARRENDAR             | 225.00 m <sup>2</sup> |



**LEYENDA**

- CARRETERA
- OLEODUCTO
- FERROCARRIL
- CAPITAL DE DEPARTAMENTO
- CAPITAL DE PROVINCIA
- DISTRITO
- POBLADO

ZONIFICACION :  
 AREA DE ESTRUCTURACION URBANA :  
**ESQUEMA DE LOCALIZACION**  
 Escala: 1/2000

DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD  
 PROVINCIA : HUAMACHUCO  
 DISTRITO : MARCABAL  
 DIRECCION : PARCELA 554, SECTOR SHAYAPUAYCO

FIRMA :  
 PROPIETARIO : CONCEPCION VERA GRAOS  
 SELLO Y FIRMA :  
 PROFESIONAL : ARQ. VICTOR LIZARDO SALINAS ORTEGA N° CAP : 1015  
 PROYECTO : **0102162\_LI\_HABAS\_HORCO**  
 PLANO : LOCALIZACION Y UBICACION  
 ESCALA : INDICADA DISEÑO CAD : FLYNT FECHA : MAYO 2018

PROPIETARIO :

CONTRATISTA

ETAPA: ASBUIT

| REVISADO POR: | FECHA |
|---------------|-------|
| 0             |       |
| 1             |       |
| 2             |       |
| 3             |       |
| 4             |       |
| 5             |       |
| 6             |       |

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCIÓN ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

**UBICACIÓN:**  
**CSS 44300001 LI\_HABAS\_HORCO**  
 DIRECCION: Parcela 554, Sector Shayapuayco  
 DISTRITO : MARCABAL  
 PROVINCIA : HUAMACHUCO  
 DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD

COORDENADAS:  
 LATITUD : -7.71867°  
 LONGITUD : -77.97091°

ESPECIALIDAD:  
 ARQUITECTURA

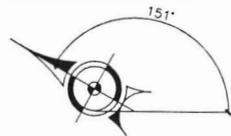
PROFESIONAL:  
 ING. GABRIEL BENITES LAZO  
 CIP. 102476

FIRMA:

PLANO:  
 UBICACION Y LOCALIZACION

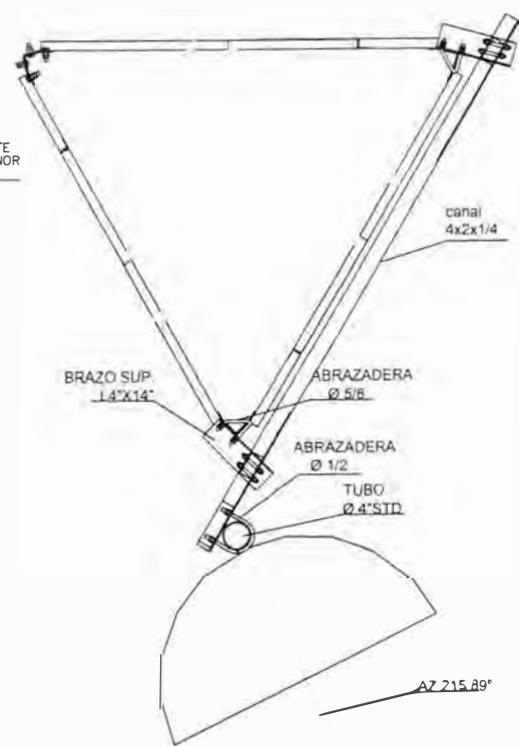
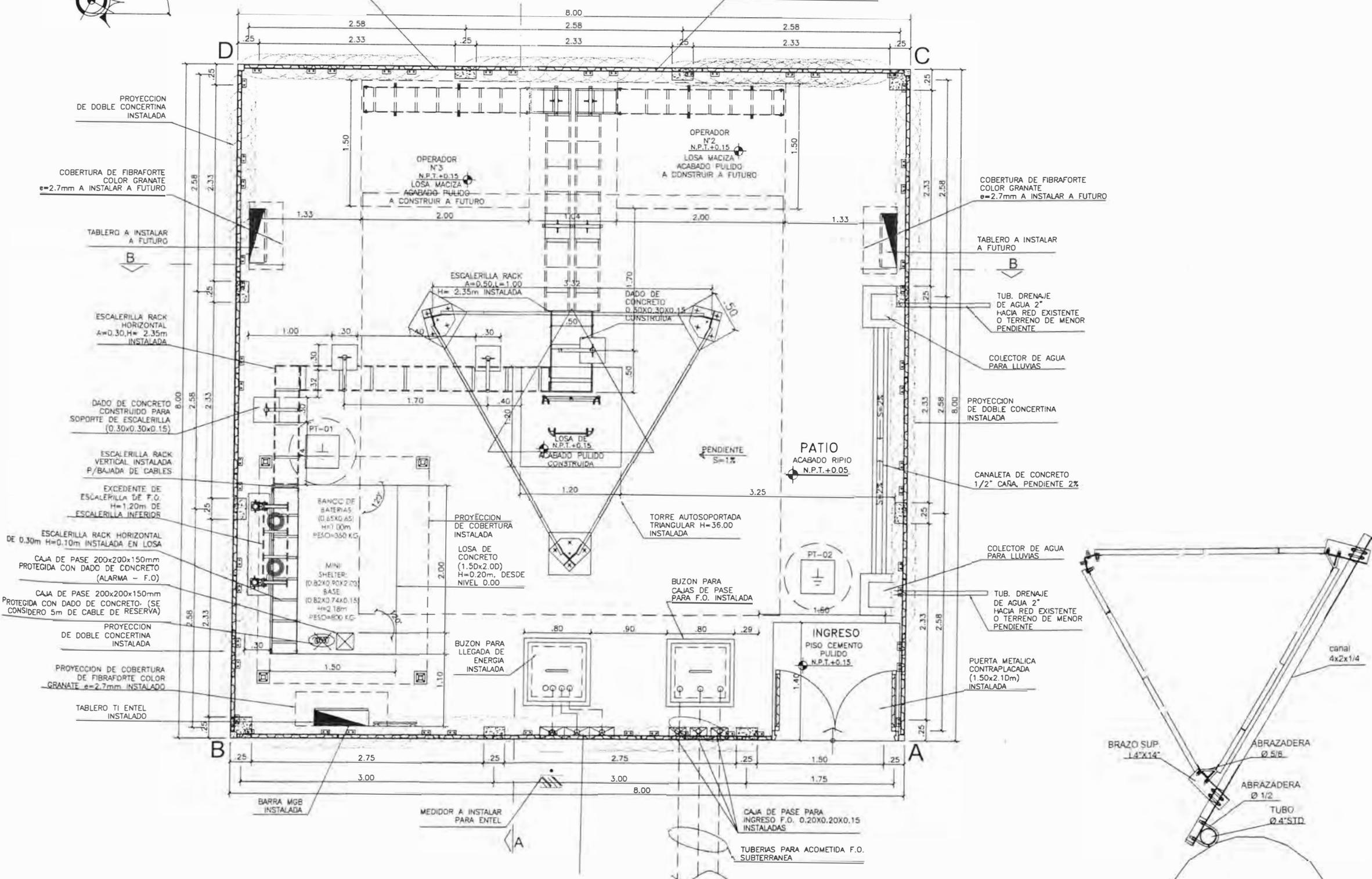
NÚMERO DE LÁMINA:  
**U-01**

ESCALA: INDICADA FECHA: JUNIO 2019



CERCO METÁLICO INSTALADO, A BASE DE PLANCHAS PLEGADAS DE ESPESOR DE 2.50mm REFORZADAS CON CANALES TIPO "U" de 2" x 1", GALVANIZADO EN CALIENTE.

CERCO METÁLICO INSTALADO, A BASE DE PLANCHAS PLEGADAS DE ESPESOR DE 2.50mm REFORZADAS CON CANALES TIPO "U" de 2" x 1", GALVANIZADO EN CALIENTE.



PLANTA DE ESTACION (PROYECTADO) TORRE 36.00mts.  
ESCALA 1/50

SOPORTES DE ANTENA MW Ø 1.20m  
VISTA DE PLANTA  
ESCALA: 1/25

PROPIETARIO :



CONTRATISTA



ETAPA: ASBUIT

REVISADO POR: FECHA

|   |  |
|---|--|
| 0 |  |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCIÓN ESTA Estrictamente PROHIBIDA

UBICACIÓN:

CSS\_44300001  
\_0102162

LI\_HABAS\_HORCO

DIRECCION: Parcela 554, Sector Shoyapuyaco

DISTRITO: MARCABAL  
PROVINCIA: HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS:

LATITUD : -7.71867°

LONGITUD : -77.97091°

ESPECIALIDAD:

ARQUITECTURA

PROFESIONAL:

ING. GABRIEL BENITES LAZO

CIP. 102476

FIRMA:

PLANO:

PLANTA DE ESTACION PROYECTADO

NÚMERO DE LÁMINA:

A-01

ESCALA:

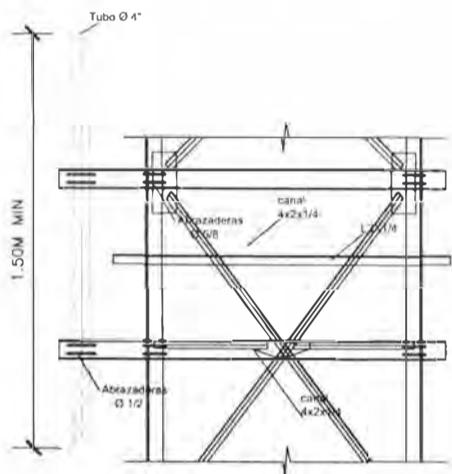
INDICADA

FECHA:

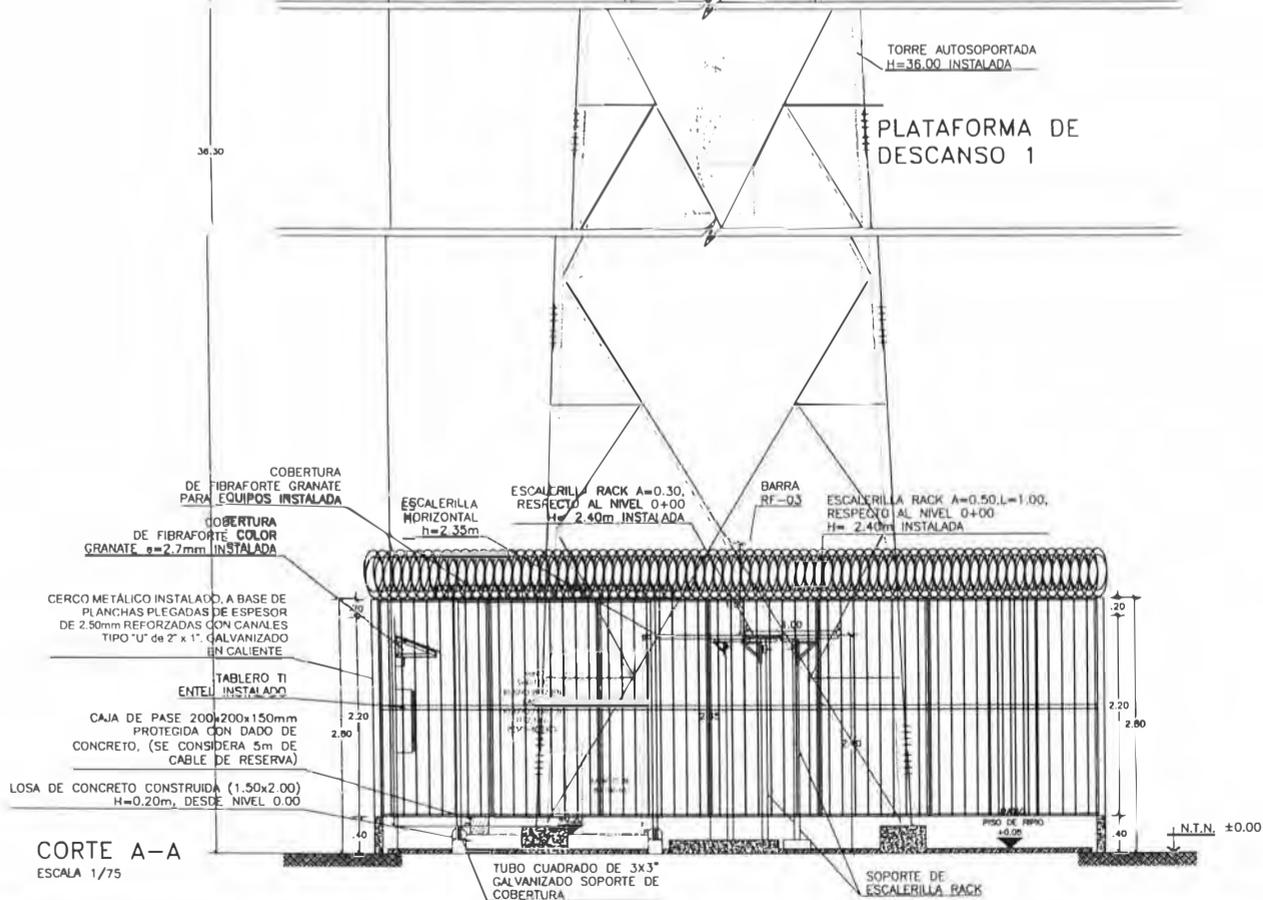
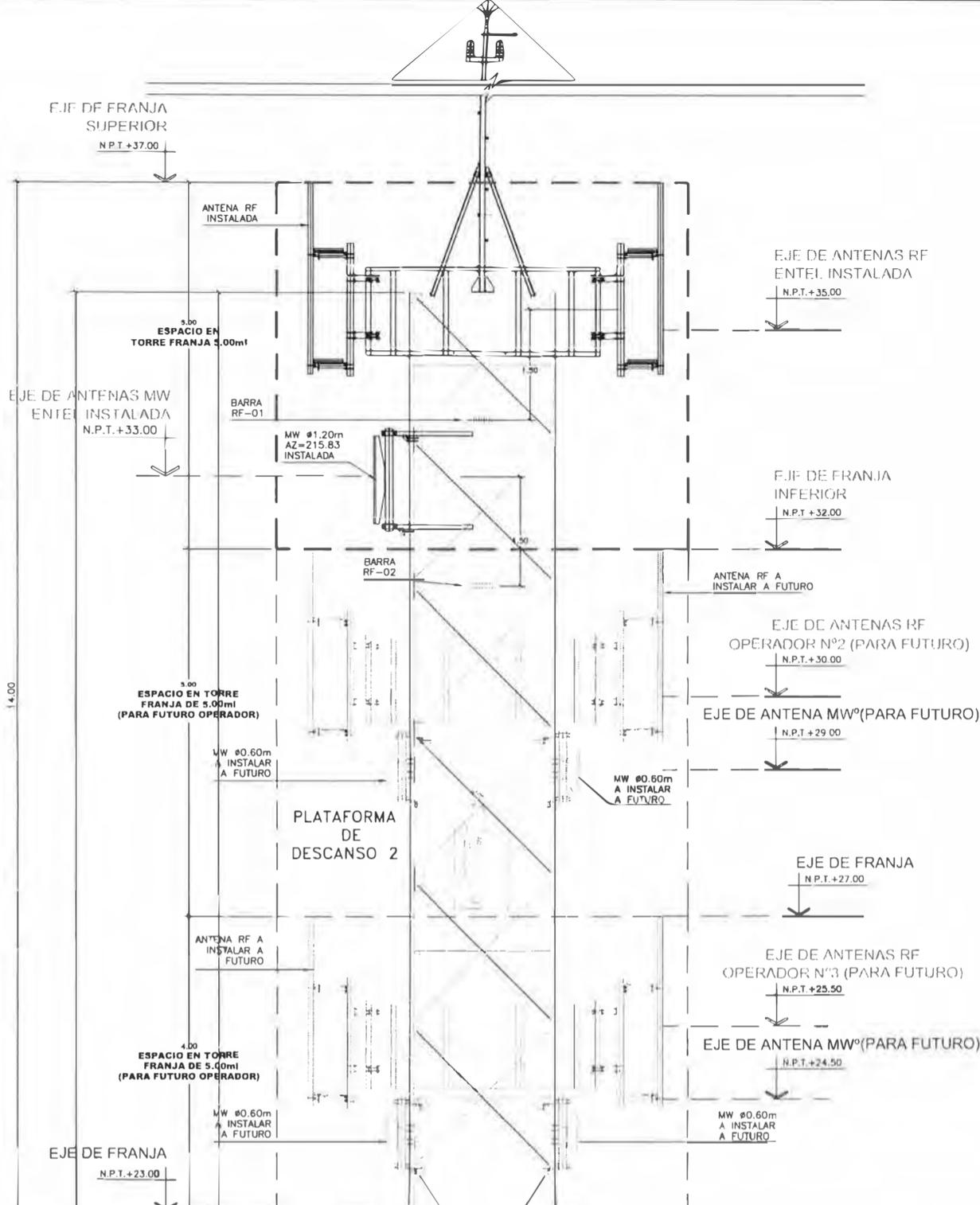
JUNIO 2019

| CUADRO DE RF |        |        |  |
|--------------|--------|--------|--|
| SECTOR       | ANTENA |        |  |
|              | ALTURA | AZIMUT |  |
| 01           | 35.00m | 185°   |  |
| 02           | 35.00m | 255°   |  |
| 03           | 35.00m | 315°   |  |

| CUADRO DE MW <sup>9</sup> |                |              |              |      |        |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|------|--------|
| NOMBRE                    | DIAMETRO TX NE | ALTURA TX NE | AZIMUT TX NE |      |        |
| 0102162_LL_HABAS_HORCO_B  | 1.20           | 33.00        | 215.89°      |      |        |
| FAR END                   |                |              |              |      |        |
| NOMBRE                    | DIAMETRO TX FE | ALTURA TX FE | AZIMUT TX FE | TIPO | STATUS |
| 0134244_LL_HUAMACHUCCO    | 1.20           | 45           | 35.9°        | CSS  | OA     |



SOPORTES DE ANTENA MW Ø 1.20m  
VISTA DE ELEVACION  
ESCALA: 1/25

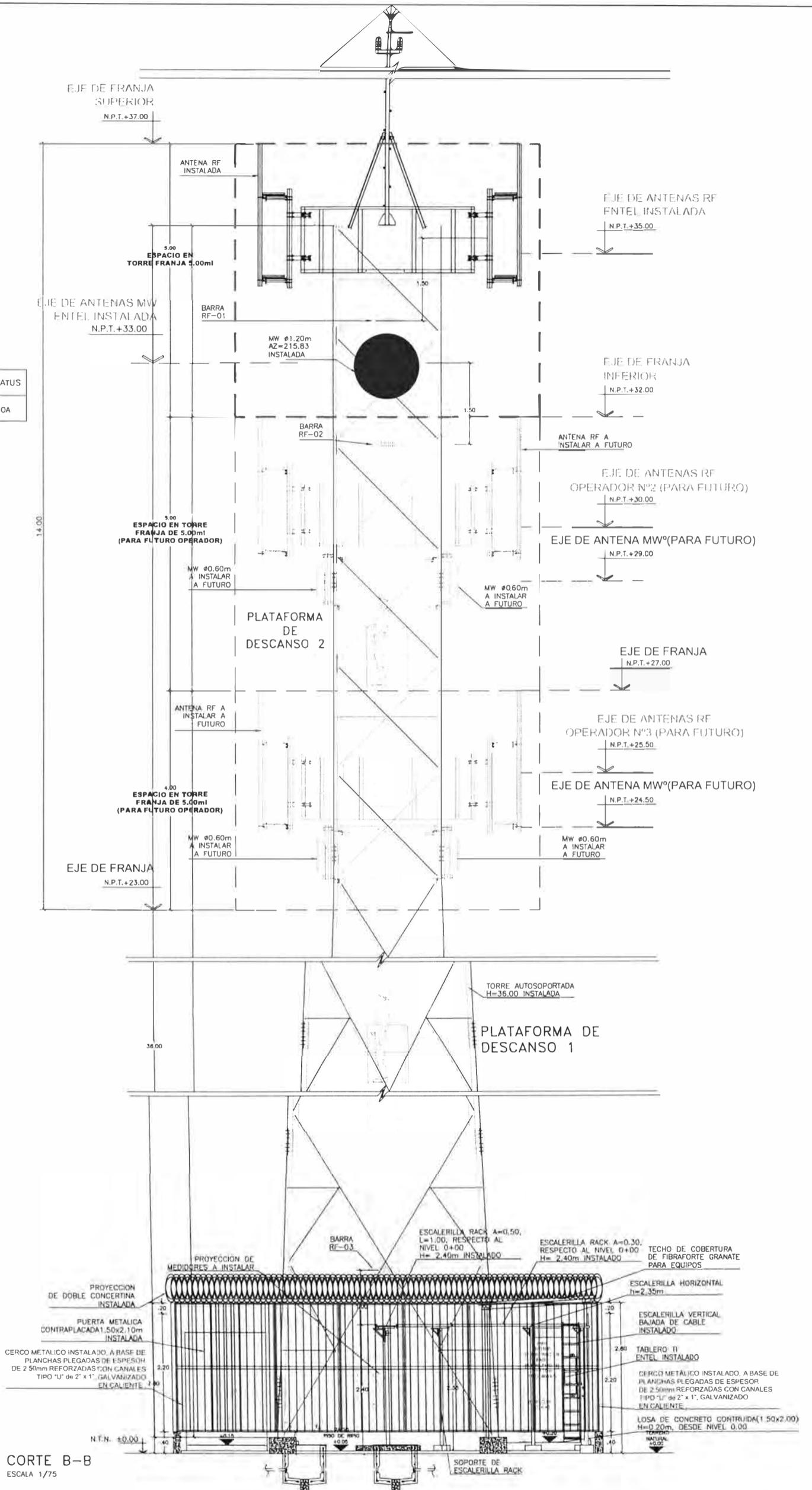


CORTE A-A  
ESCALA 1/75

|                         |                         |                          |                               |   |   |   |                                      |   |               |  |   |                            |                             |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|---|---------------|--|---|----------------------------|-----------------------------|
| <b>PROPIETARIO:</b><br> | <b>CONTRATISTA:</b><br> | <b>ETAPA:</b><br>ASBUILT | <b>REVISADO POR:</b><br>FECHA | <b>LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRUCTIVAMENTE PROHIBIDA</b> | <b>UBICACION:</b><br><b>CSS 4430001</b><br><b>0102162</b><br><b>LI HABAS HORCO</b><br>DIRECCION: Parcela 554 Sector Shoyopuyco<br>DISTRITO: MARCABAL<br>PROVINCIA: HUAMACHUCCO<br>DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD | <b>COORDENADAS:</b><br>LATITUD: -7.71867°<br>LONGITUD: -77.97091° | <b>ESPECIALIDAD:</b><br>ARQUITECTURA | <b>PROFESIONAL:</b><br>ING. GABRIEL BENITES LAZO<br>CIP: 102476 | <b>FIRMA:</b> | <b>PLANO:</b><br>CORTE A-A<br>PROYECTADO | <b>NUMERO DE LAMINA:</b><br><b>A-02</b> | <b>ESCALA:</b><br>INDICADA | <b>FECHA:</b><br>JUNIO 2019 |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|---|---------------|--|---|----------------------------|-----------------------------|

| CUADRO DE RF |        |        |  |
|--------------|--------|--------|--|
| SECTOR       | ANTENA |        |  |
|              | ALTURA | AZIMUT |  |
| 01           | 35.00m | 185°   |  |
| 02           | 35.00m | 255°   |  |
| 03           | 35.00m | 315°   |  |

| CUADRO DE MW°            |                |              |              |      |        |
|--------------------------|----------------|--------------|--------------|------|--------|
| NOMBRE                   | DIAMETRO TX NE | ALTURA TX NE | AZIMUT TX NE |      |        |
| 0102162_LI_HABAS_HORCO_B | 1.20           | 33.00        | 215.89°      |      |        |
| FAR END                  |                |              |              |      |        |
| NOMBRE                   | DIAMETRO TX FE | ALTURA TX FE | AZIMUT TX FE | TIPO | STATUS |
| 0134244_LI_HUAMACHUCCO   | 1.20           | 45           | 35.9°        | CSS  | OA     |

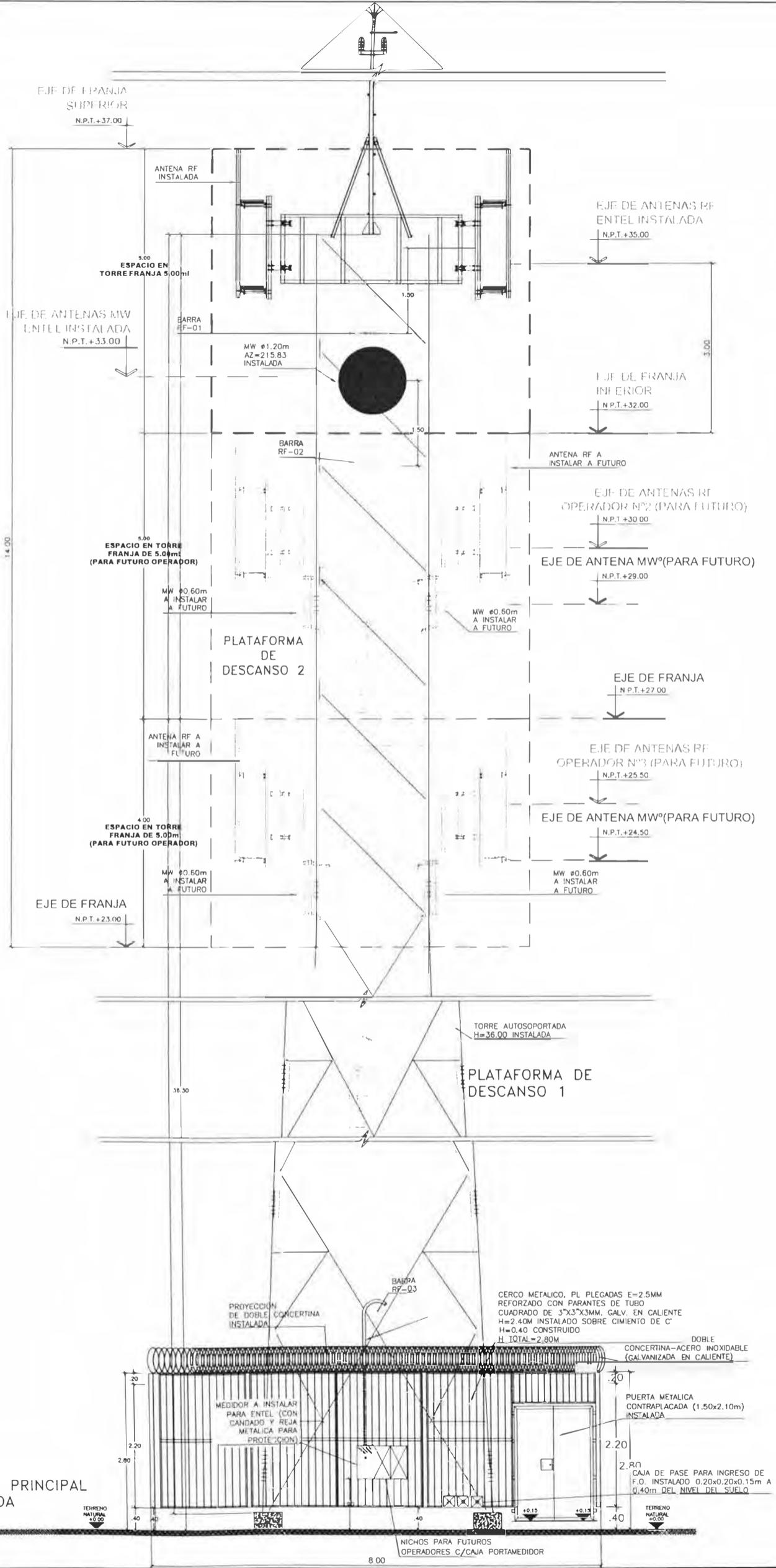


CORTE B-B  
ESCALA 1/75

|                         |                         |                         |                               |   |   |                                      |   |  |   |                            |                             |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|---|---|--------------------------------------|---|--|---|----------------------------|-----------------------------|
| <b>PROPIETARIO:</b><br> | <b>CONTRATISTA:</b><br> | <b>ETAPA:</b><br>ASBUIT | <b>REVISADO POR:</b><br>FECHA | <b>UBICACION:</b><br>CSS 44300001<br>0102162<br><b>LI HABAS HORCO</b><br>DIRECCION: Parcela 554, Sector Shopyouyco<br>DISTRITO: MARCABAL<br>PROVINCIA: HUAMACHUCCO<br>DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD | <b>COORDENADAS:</b><br>LATITUD: -7.71867°<br>LONGITUD: -77.97091° | <b>ESPECIALIDAD:</b><br>ARQUITECTURA | <b>PROFESIONAL:</b><br>ING. GABRIEL BENITES LAZO<br>C.I.P. 102476<br>FIRMA: | <b>PLANO:</b><br>CORTE B-B<br>PROYECTADO | <b>NUMERO DE LAMINA:</b><br><b>A-03</b> | <b>ESCALA:</b><br>INDICADA | <b>FECHA:</b><br>JUNIO 2019 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|---|---|--------------------------------------|---|--|---|----------------------------|-----------------------------|

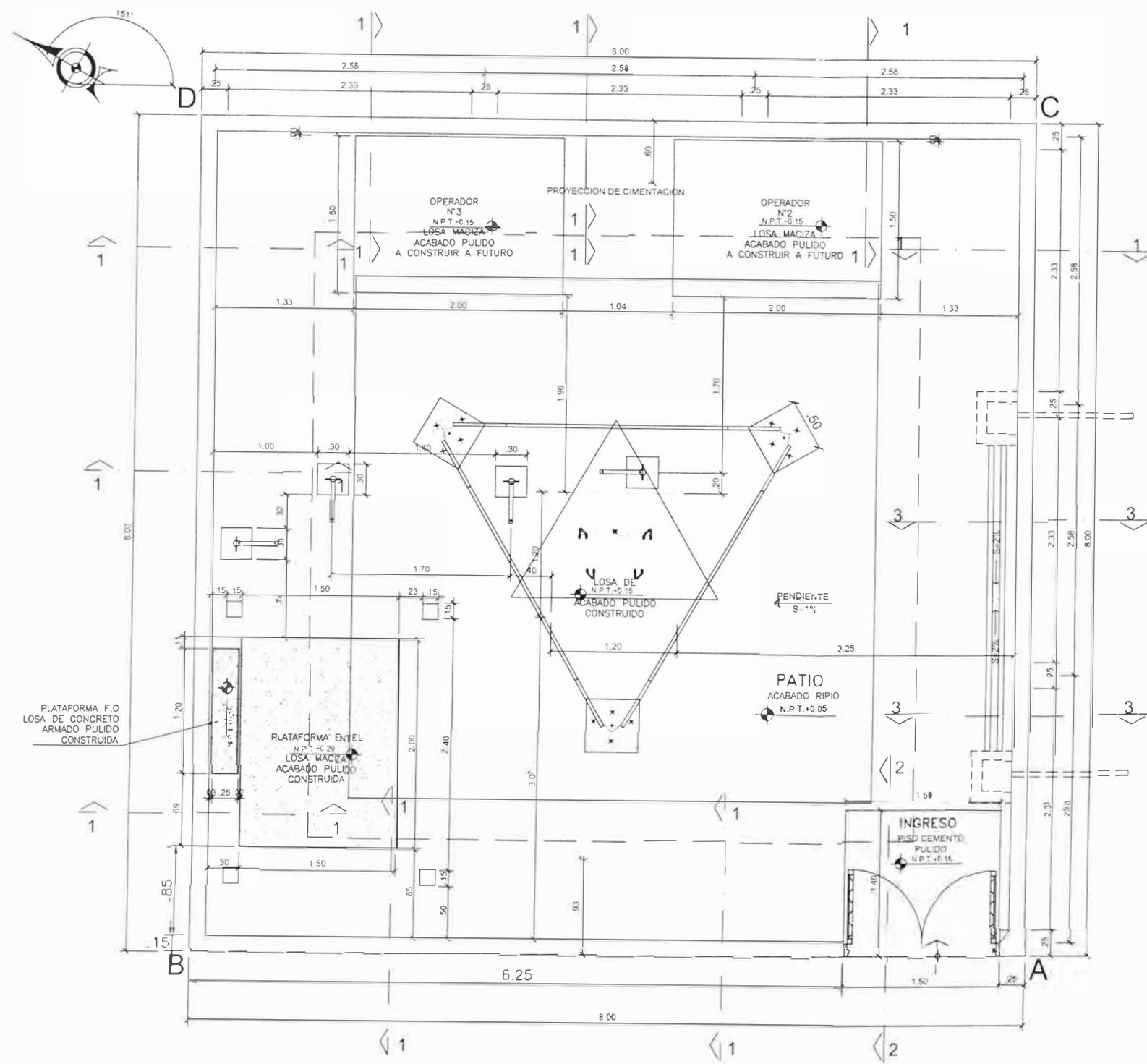
| CUADRO DE RF |        |        |
|--------------|--------|--------|
| SECTOR       | ANTENA |        |
|              | ALTURA | AZIMUT |
| 01           | 35.00m | 185°   |
| 02           | 35.00m | 255°   |
| 03           | 35.00m | 315°   |

| CUADRO DE MW <sup>o</sup> |                |              |              |      |        |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|------|--------|
| NOMBRE                    | DIAMETRO TX NE | ALTURA TX NE | AZIMUT TX NE |      |        |
| 0102162_LL_HABAS_HORCO_B  | 1.20           | 33.00        | 215.89°      |      |        |
| FAR END                   |                |              |              |      |        |
| NOMBRE                    | DIAMETRO TX FE | ALTURA TX FE | AZIMUT TX FE | TIPO | STATUS |
| 0134244_LL_HUAMACHUCCO    | 1.20           | 45           | 35.9°        | CSS  | OA     |



ELEVACION PRINCIPAL PROYECTADA  
ESCALA 1/75

|   |   |  |   |                                      |  |   |  |                         |   |              |                        |                        |
|---|---|--|---|--------------------------------------|--|---|--|-------------------------|---|--------------|------------------------|------------------------|
| <b>ESCALA INDICADA</b><br>A-04<br><b>FECHA:</b><br>JUNIO 2019 | <b>PLANO:</b><br>ELEVACION PRINCIPAL PROYECTADO | <b>PROFESIONAL:</b><br>ING. GABRIEL BENITES LAZO<br><b>FIRMA:</b><br>CIP. 102476 | <b>COORDENADAS:</b><br>LATITUD -7.71867°<br>LONGITUD -77.97091° | <b>ESPECIALIDAD:</b><br>ARQUITECTURA | <b>DISTRITO:</b> MARCABAL<br><b>PROVINCIA:</b> HUAMACHUCCO<br><b>DEPARTAMENTO:</b> LA LIBERTAD | <b>UBICACION:</b><br>CSS 44300001<br>0102162<br><b>LI HABAS HORCO</b><br>DIRECCION: Parcela 554, Sector Sinaguayuco | LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCION ESTA Estrictamente PROHIBIDA | <b>ETAPA:</b><br>ASBUIT | <b>REVISADO POR:</b><br>0<br>1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6 | <b>FECHA</b> | <b>CONTRATISTA</b><br> | <b>PROPIETARIO</b><br> |
|---|---|--|---|--------------------------------------|--|---|--|-------------------------|---|--------------|------------------------|------------------------|



PLANTA DE CIMENTACION TORRE TRIANGULAR 36.00mts.  
ESCALA 1/50

PROPIETARIO :



CONTRATISTA



ETAPA:

ASBUIT

REVISADO POR:

FECHA

|   |  |
|---|--|
| 0 |  |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCIÓN ESTA Estrictamente PROHIBIDA

UBICACIÓN:

**CSS 44300001**  
**0102162 LI HABAS**  
**HORCO**

DIRECCION : Parcela 554. Sector Shayapuayco

DISTRITO : MARCABAL  
PROVINCIA : HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD

COORDENADAS:

LATITUD : -7.71867°  
LONGITUD : -77.97091°

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

PROFESIONAL:

ING. GABRIEL BENITES LAZO

C.I.P. : 102476

FIRMA:

PLANO:

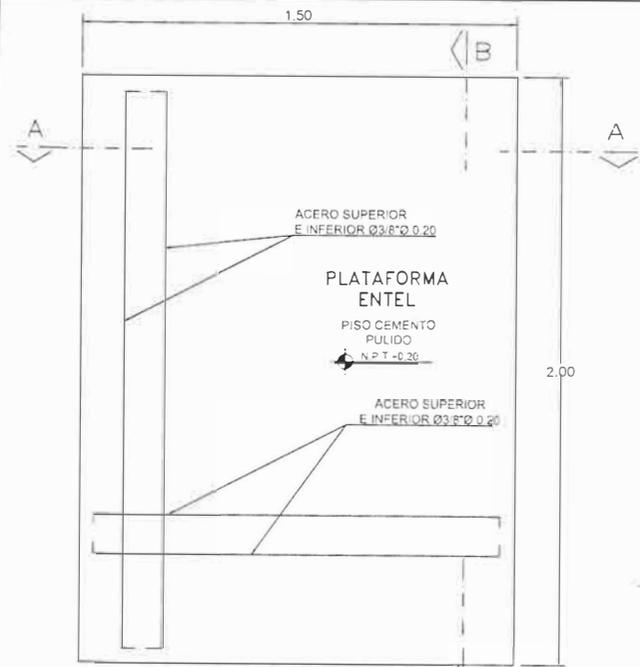
PLANTA DE CIMENTACION

NÚMERO DE LÁMINA:

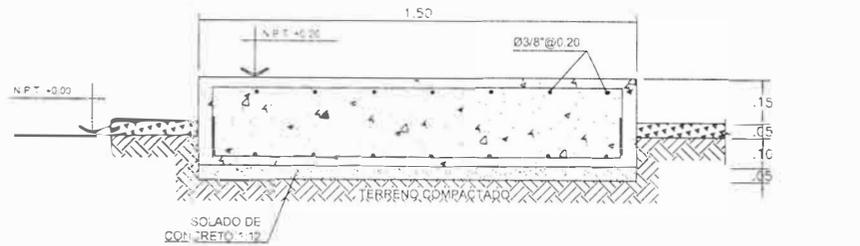
**E-01**

ESCALA:  
INDICADA

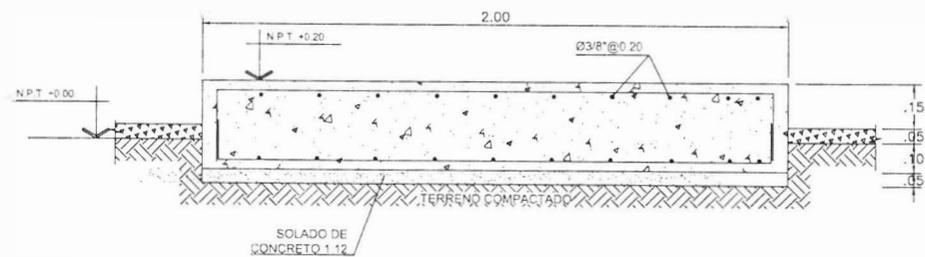
FECHA:  
JUNIO 2019



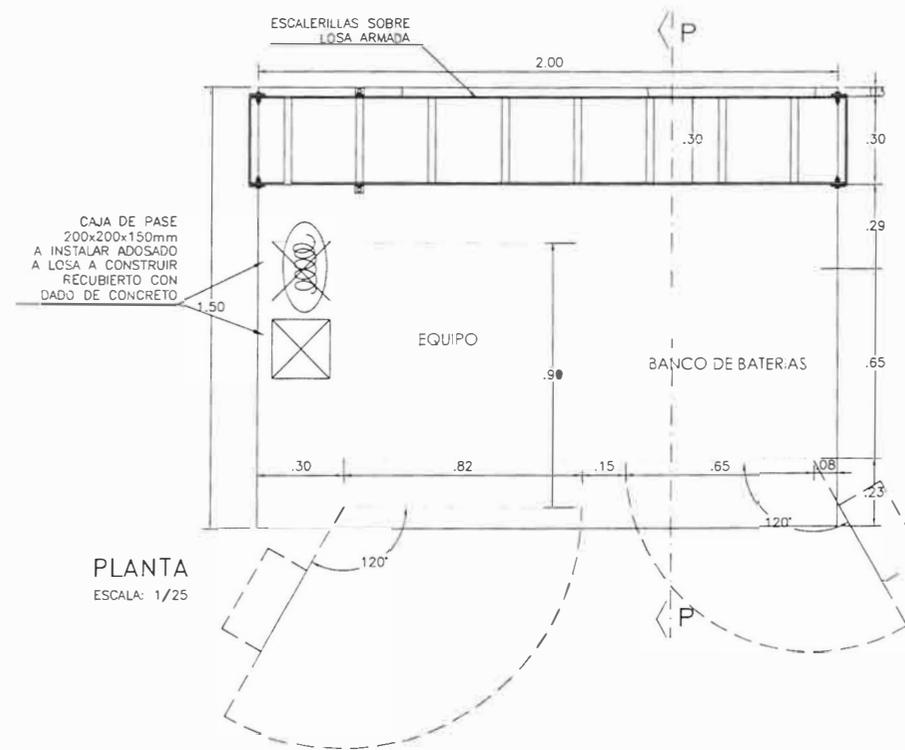
LOSA MACIZA  
(PLATAFORMA DE ENTEL)  
ESCALA: 1/25



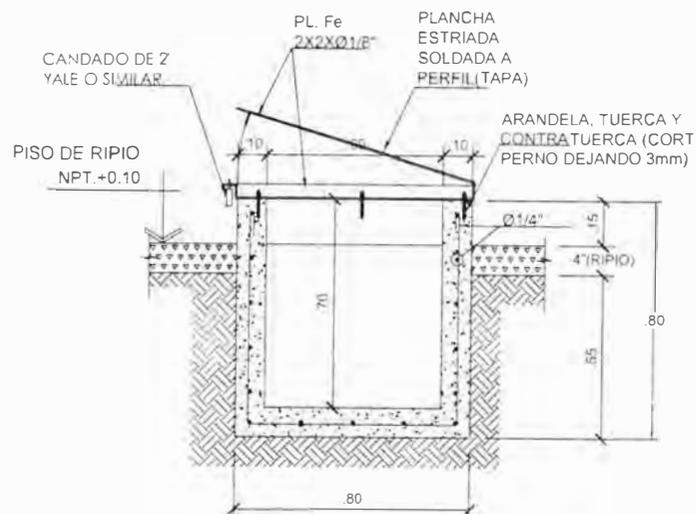
CORTE A-A (PLATAFORMA ENTEL)  
ESCALA: 1/25



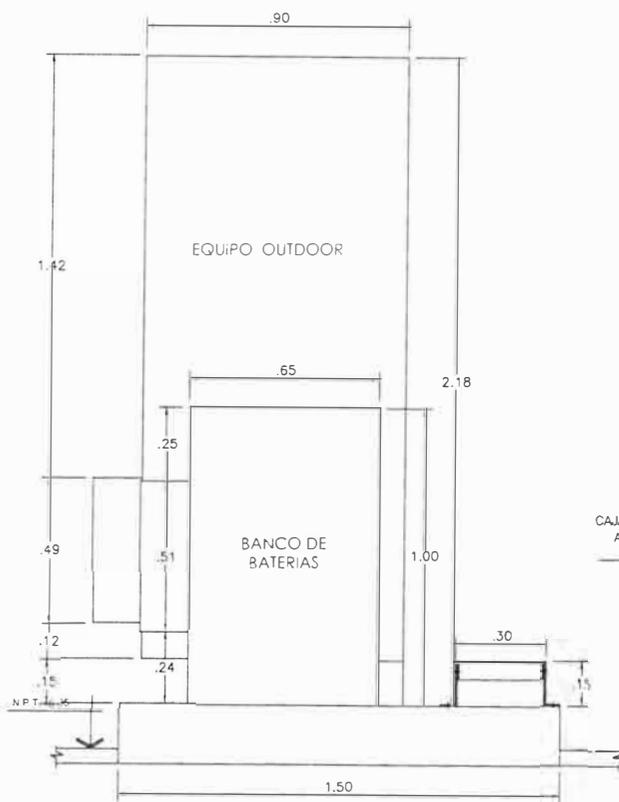
CORTE B-B (PLATAFORMA ENTEL)  
ESCALA: 1/25



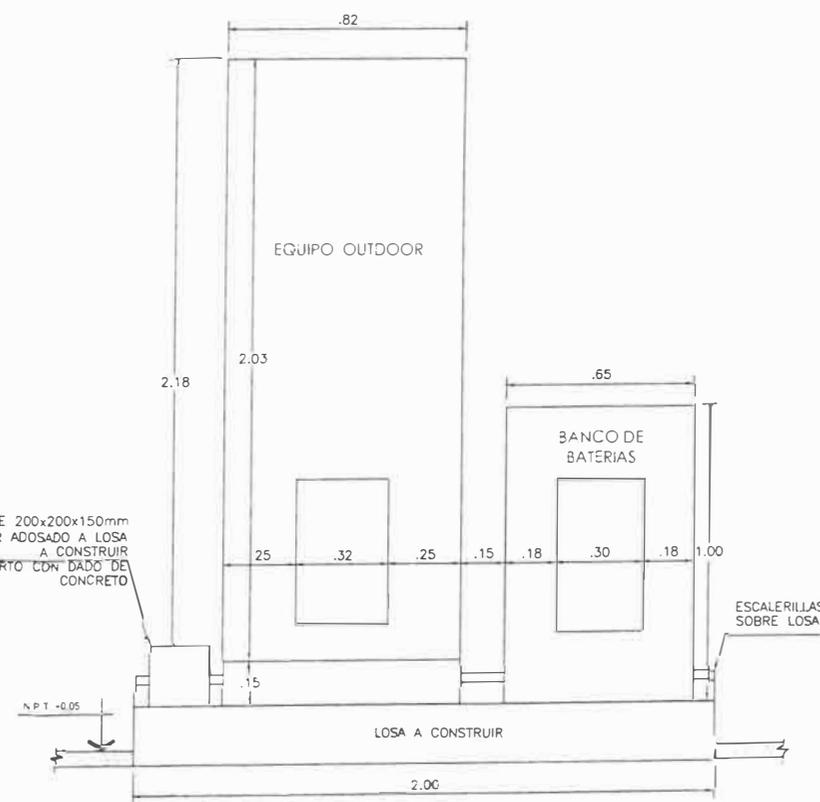
PLANTA  
ESCALA: 1/25



DETALLE DE BUZON  
PARA ENERGIA Y F.O.  
ESC 1/25



CORTE P-P  
ESCALA: 1/25



ELEVACIÓN  
ESCALA: 1/25

PROPIETARIO:



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN:



CONTRATISTA



ETAPA:

ASBUILT

INFORMACIÓN

CELDA TIPO:  
GREENFIELD

TIPO DE ESTRUCTURA  
T.A.T. 36mt.

| REVISADO POR | FECHA |
|--------------|-------|
| 0            |       |
| 1            |       |
| 2            |       |
| 3            |       |

LA INFORMACION CONTENIDA  
EN ESTE DOCUMENTO ES  
PROPIEDAD INTELECTUAL  
Y SU REPRODUCCION  
ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA

LIBRACION:  
**CSS44300001**

**0102162 LI HABAS**

**HORCO**

DIRECCION: Parcela 554, Sector  
Shayaquayco

DISTRITO: MARCABAL  
PROVINCIA: HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

ESPECIALIDAD  
ESTRUCTURAS

RESPONSABLE DE OBRA  
ING. GABRIEL BENTES LAZO  
C.P. 102476

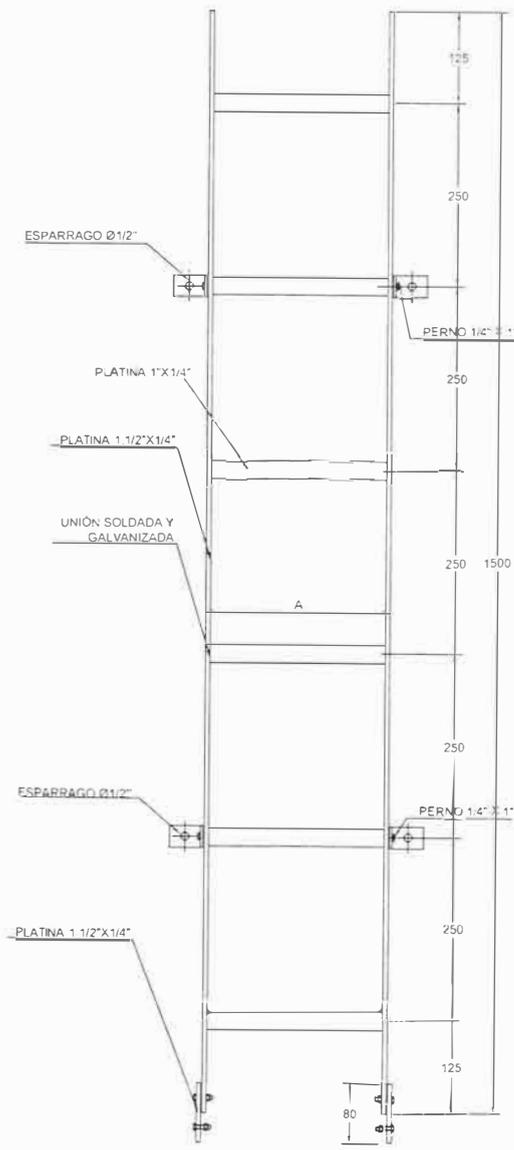
PLANO:  
DISTRIBUCION DE  
LOSA MACIZA DE EQUIPOS

NÚMERO DE LAMINA

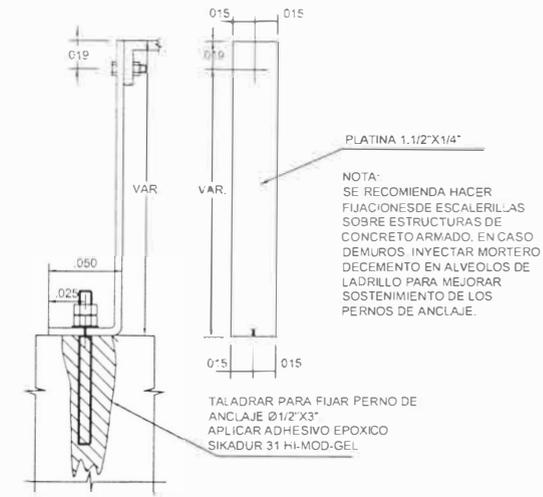
**E-02**

ESCALA: INDICADA  
FECHA: JUNIO 2019

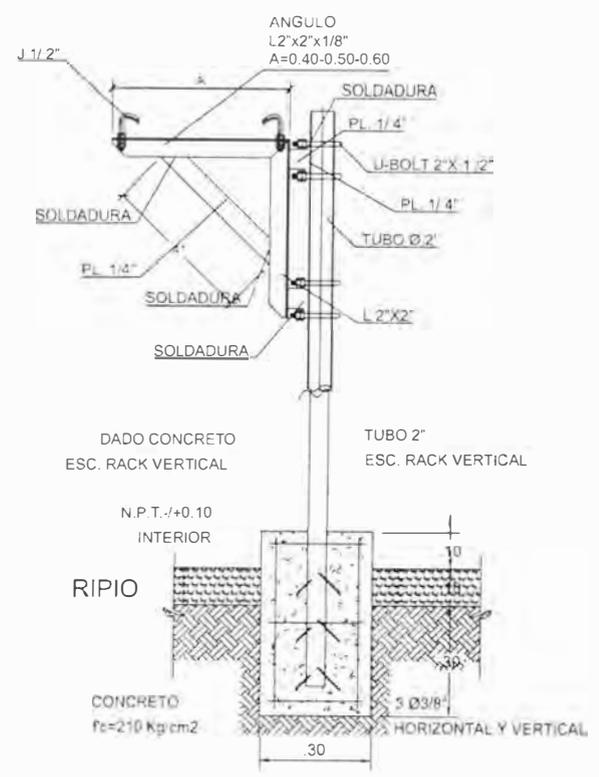




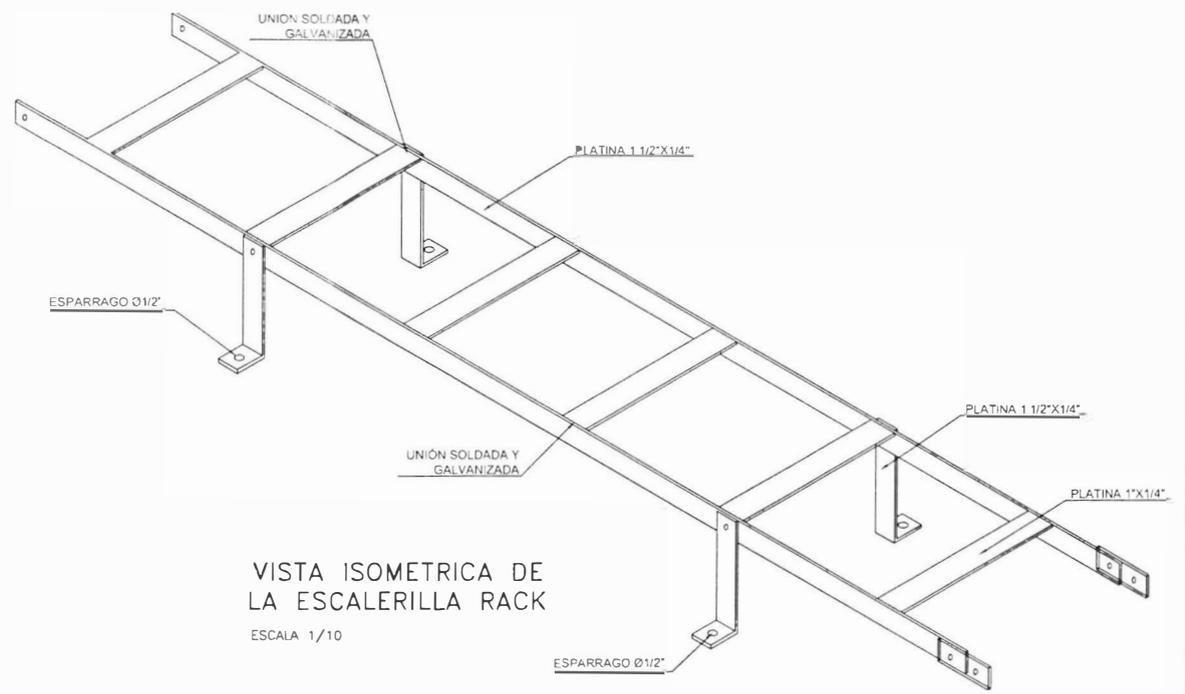
DETALLE DE ESCALERILLA RACK (TÍPICO)  
a=0.30m, 0.40m, 0.50m  
ESCALA 1/10



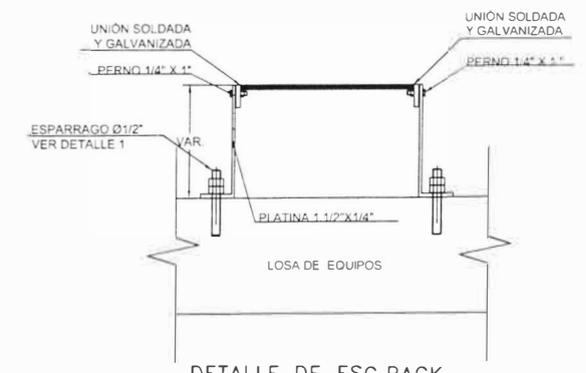
PLATINA DE ANCLAJE  
ESCALA 1/5



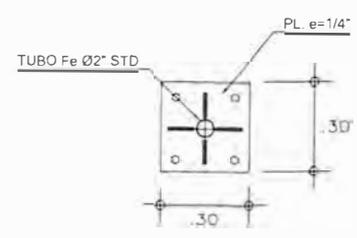
DADO DE CONCRETO ESCALERILLA RACK VERTICAL  
ESCALA: 1/20



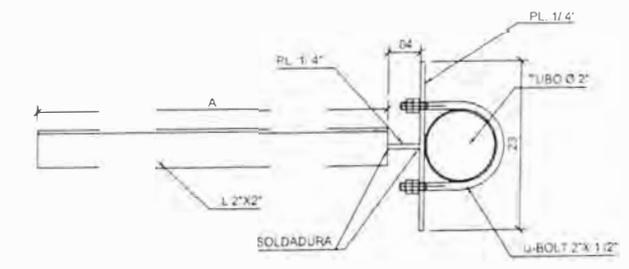
VISTA ISOMETRICA DE LA ESCALERILLA RACK  
ESCALA 1/10



DETALLE DE ESC. RACK (TÍPICO POR PISO)  
ESCALA 1/10



CORTE X-X  
ESCALA: 1/25



VISTA PLANTA DE SOPORTE  
ESCALA 1/10

PROPIETARIO:  
**CSS CELL SITE SOLUTIONS**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN:  
**CORPORACION MONTAYMA**

CONTRATISTA  
**CORPORACION MONTAYMA**

ETAPA: ASBUILT

INFORMACIÓN  
CELDA TIPO: GREENFIELD  
TIPO DE ESTRUCTURA: T.A.T. 36mt.

| REVISADO POR: | FECHA |
|---------------|-------|
| 0             |       |
| 1             |       |
| 2             |       |
| 3             |       |

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA

UBICACION:  
**CSS44300001\_0102162 LI HABAS HORCO**  
DIRECCION: Parcela 554, Sector Shayapuyayco  
DISTRITO: MARCABAL  
PROVINCIA: HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

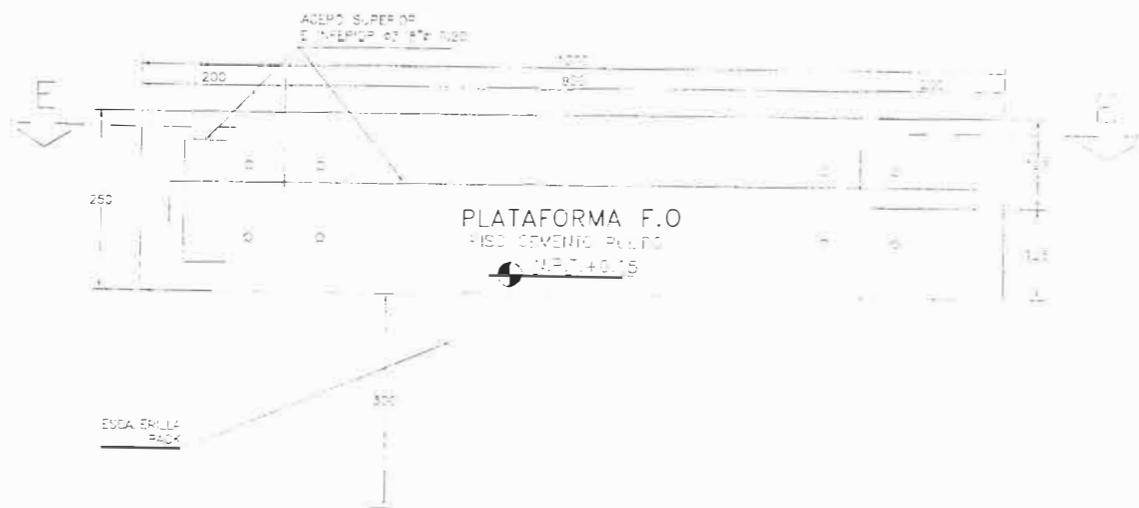
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS

RESPONSABLE DE OFE: ING. GABRIEL BENITES LAZO C.I.P. 102476

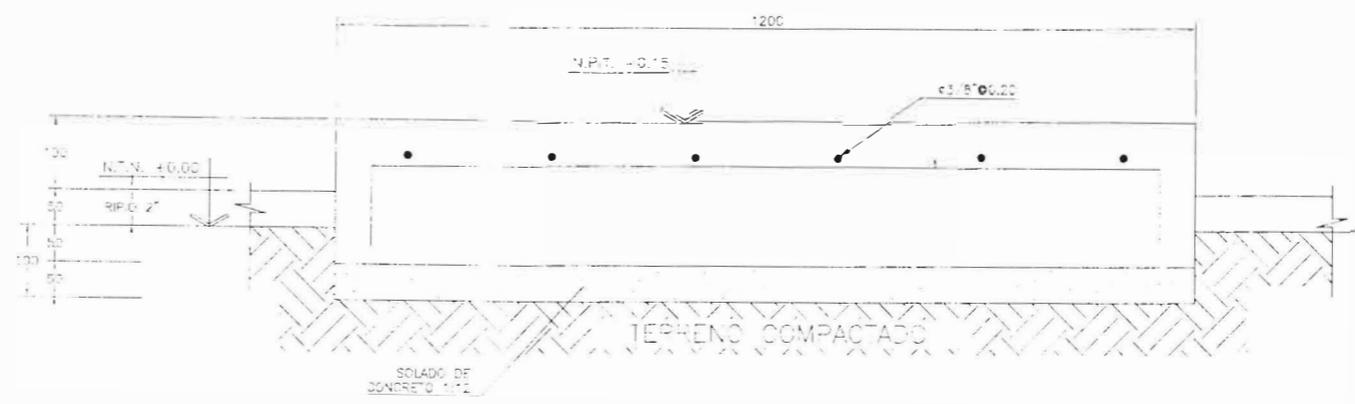
PLANO: DETALLES DE ESCALERILLA RACK Y SOPORTE

NUMERO DE LAMINA:  
**E-04**

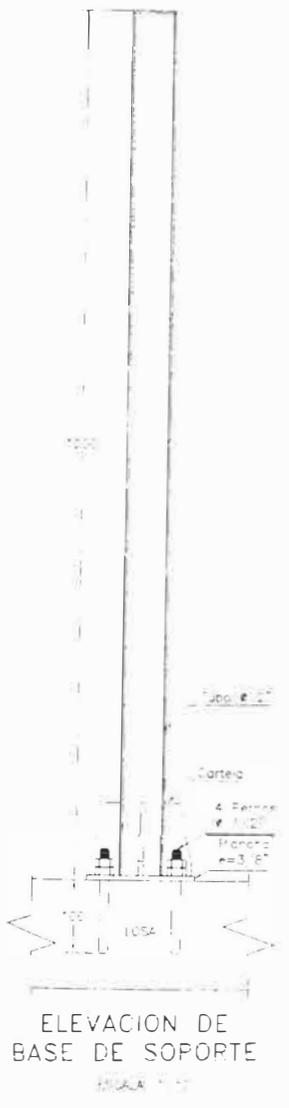
ESCALA: INDICADA  
FECHA: JUNIO 2019



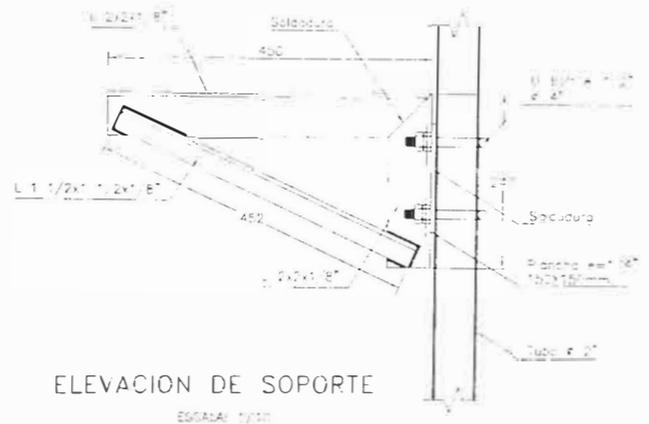
DISTRIBUCION DE SOPORTES EN LOSA DE CONCRETO ARMADA (PLATAFORMA DE F.O)  
ESCALA: 1/25



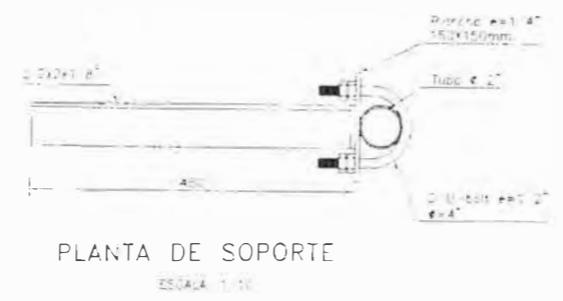
CORTE E-E LOSA DE CONCRETO ARMADA (PLATAFORMA DE F.O)  
e=0.20cm f'c= 210Kg/cm<sup>2</sup> TIPO DE CEMENTO SEGUN EMS  
ESCALA: 1/25



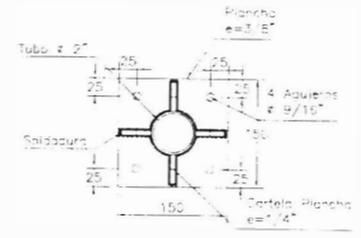
ELEVACION DE BASE DE SOPORTE  
ESCALA: 1/10



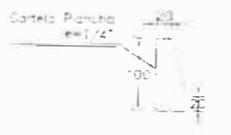
ELEVACION DE SOPORTE  
ESCALA: 1/10



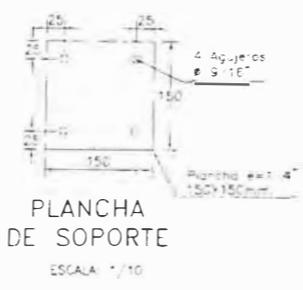
PLANTA DE SOPORTE  
ESCALA: 1/10



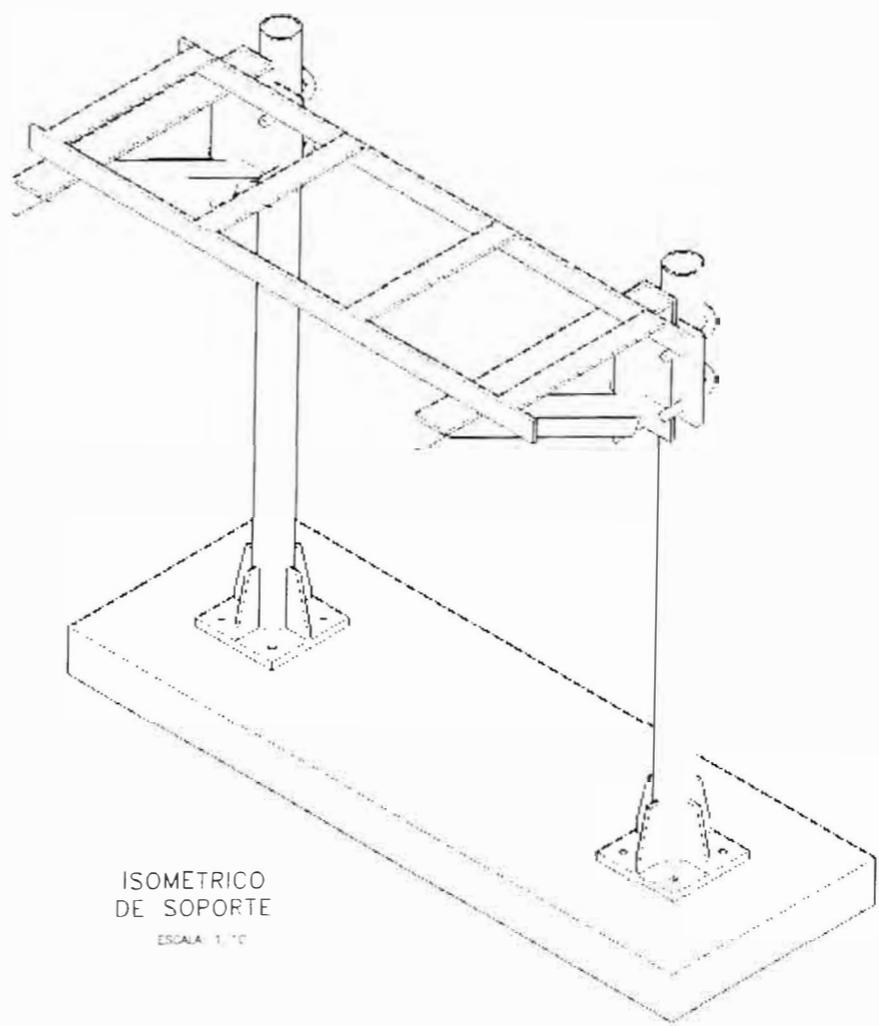
PLANTA DE BASE DE SOPORTE  
ESCALA: 1/10



CARTELA DE SOPORTE  
ESCALA: 1/10



PLANCHA DE SOPORTE  
ESCALA: 1/10



ISOMETRICO DE SOPORTE  
ESCALA: 1/10

PROPIETARIO:



CONTRATISTA:



ETAPA: ASBUILT

REVISADO POR: FECHA:

|    |  |
|----|--|
| 1  |  |
| 2  |  |
| 3  |  |
| 4  |  |
| 5  |  |
| 6  |  |
| 7  |  |
| 8  |  |
| 9  |  |
| 10 |  |

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

UBICACION:

CSS 44300001  
0102162  
LI HABAS HORCO

DIRECCION: Parcela 554, Sector Sitachachuyto

DISTRITO: MARCABAL  
PROVINCIA: HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS:

LATITUD: -7 71867  
LONGITUD: -77 97091

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS

PROFESIONAL:

ING. GABRIEL BENITES LAZO

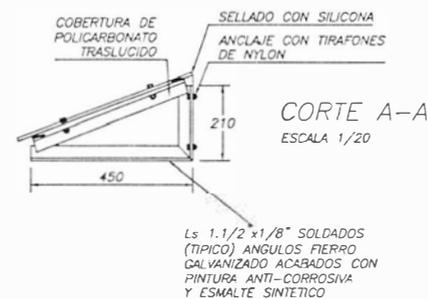
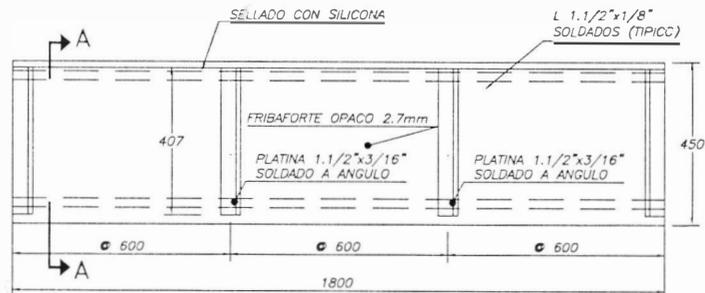
C.I.P. 102476

FIRMA:

PLANO: DETALLES DE ESCALERILLA DE FIBRA OPTICA

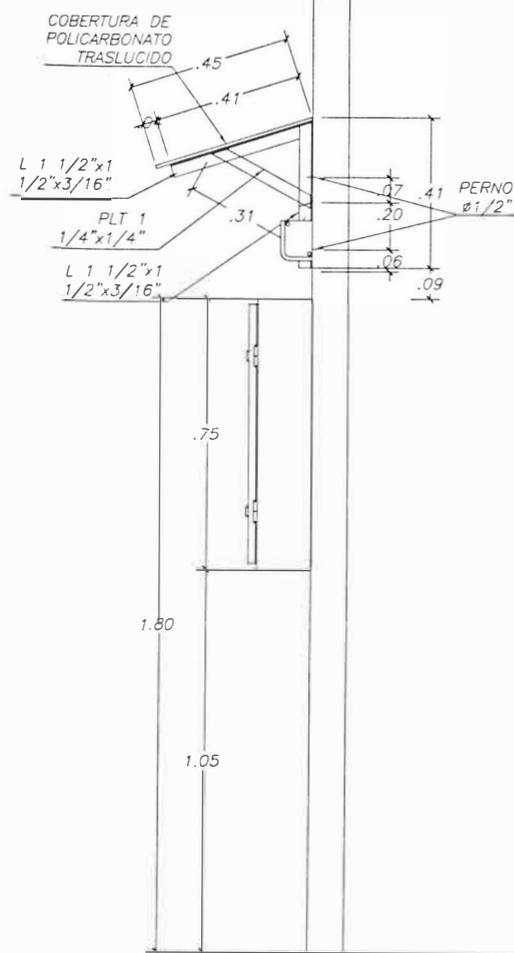
NUMERO DE LAMINA:  
**E-05**

ESCALA INDICADA: FECHA: JUNI 2019



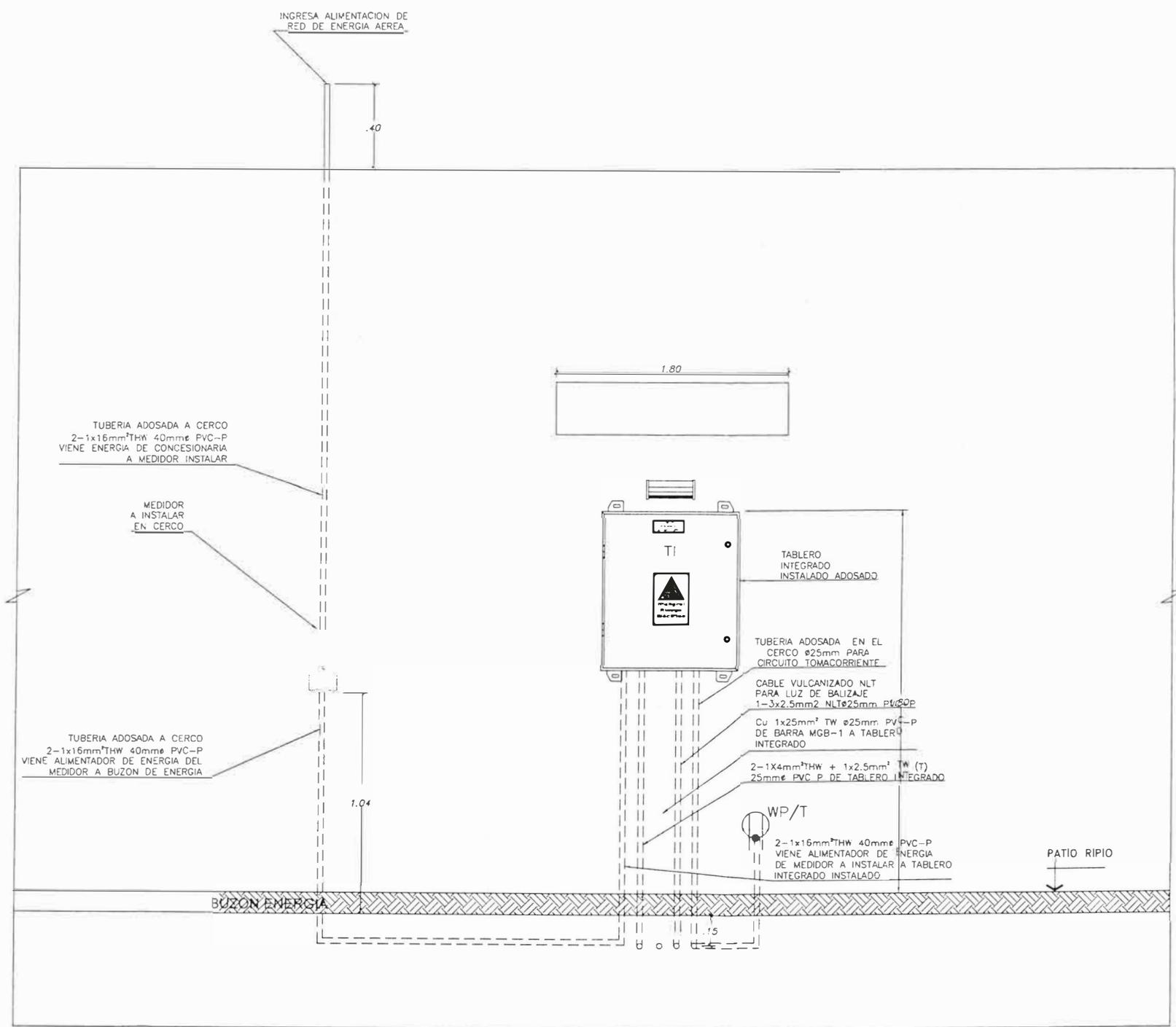
PLANTA VERTE AGUA PARA TABLERO ELECTRICO

ESCALA 1/20



UBICACION DE TABLERO ELECTRICO

ESCALA 1/20



DETALLE DE TABLEROS ELECTRICOS ADOSADOS EN CERCO

ESCALA 1/25

PROPIETARIO :



CONTRATISTA



ETAPA:

ASBUIT

REVISADO POR:

FECHA

|   |  |
|---|--|
| 0 |  |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCIÓN ESTA Estrictamente PROHIBIDA

UBICACIÓN:

**CSS 44300001 - 0102162 LI - HABAS HORCO**

DIRECCION: Parcela 554, Sector Shayapuayco

DISTRITO: MARCABAL  
PROVINCIA: HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS:

LATITUD: -7.71867°  
LONGITUD: -77.97091°

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

PROFESIONAL:

ING. GABRIEL BENITES LAZO

C.I.P.: 102476

FIRMA:

PLANO:

DETALLES DE VERTEGUA PARA TABLERO

NÚMERO DE LÁMINA:

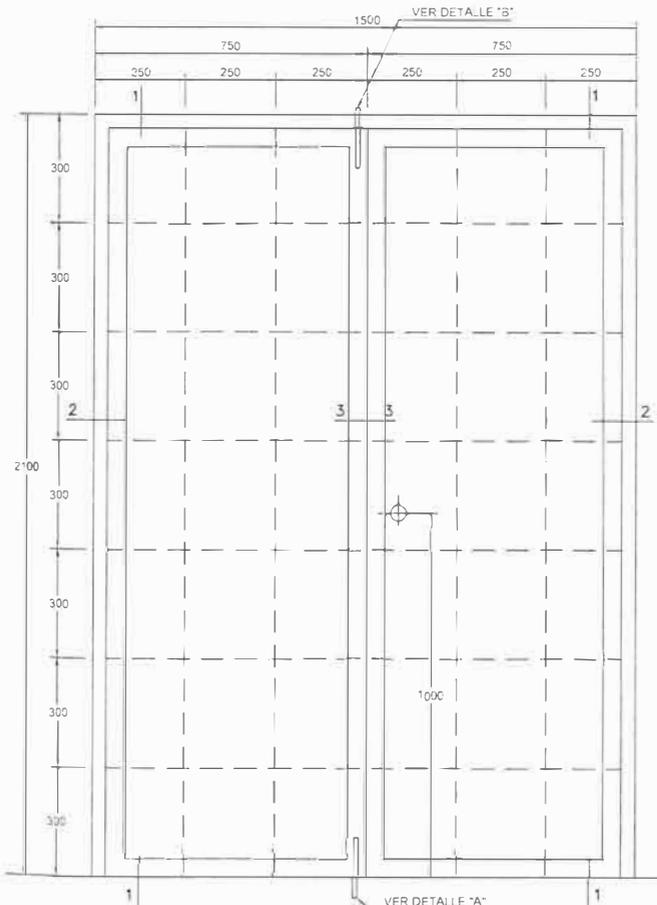
**E-06**

ESCALA:

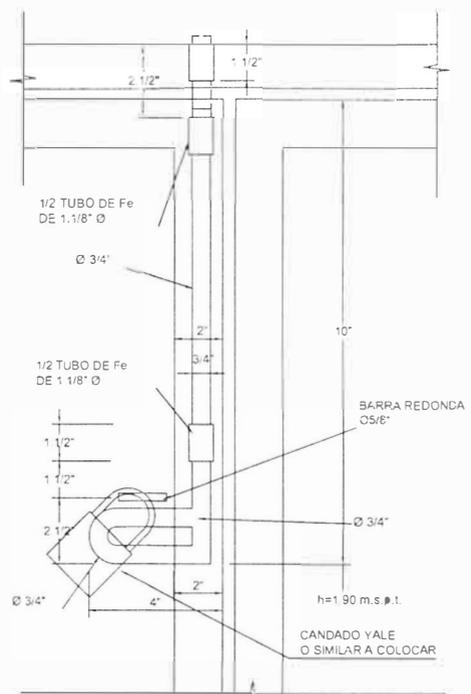
INDICADA

FECHA:

JUNIO 2019

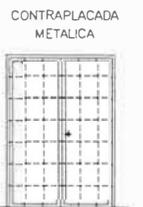


PUERTA METALICA CONTRAPLACADA ESCALA 1/20



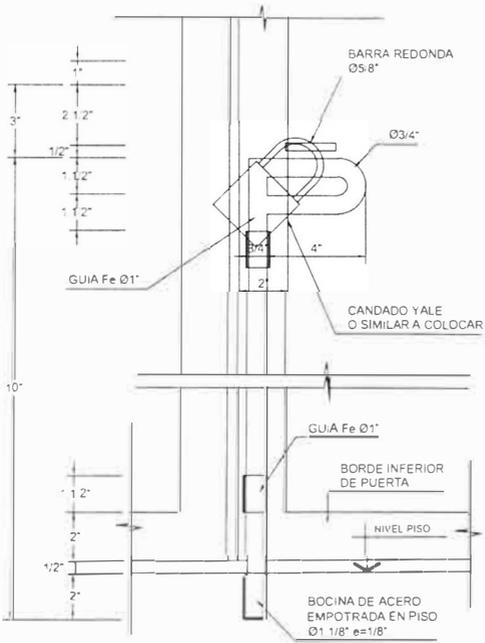
DETALLE "B"  
PICAPORTE SUPERIOR PUERTA METALICA INGRESO ESCALA S/E

| AMBIENTES         | DIMENSIONES |                      | CANTIDAD | ACABADOS | ACCESORIOS | MATERIALES   |
|-------------------|-------------|----------------------|----------|----------|------------|--|
|                   | E           | ANCHO (A) ALTURA (H) |          |          |            |  |
| INGRESO PRINCIPAL | 2'          | 1.50                 | 2.10     | -        | 1          | <ul style="list-style-type: none"> <li>BISAGRAS DE Fe. DE 4"x4"x3 UNO/HOJA SI h=2.10, Y 4 UNO/HOJA SI h=2.40</li> <li>BISAGRAS AVALES 3 DE RODAJES CON ANCLAJE A LA COLUMNA</li> <li>BISAGRAS DE FIERRO DE 4"x4" 4 UNO/HOJAS</li> <li>CERRADURA DE EMBUTIR YALE PESADA CON TUBOS DE FIERRO Y BARRA REDONDA DE ALUMINIO</li> <li>CERRADURA TIPO PARCHÉ YALE ORIGINAL BRONCE PARA EMBUTIR</li> <li>PICAPORTE DE FIERRO PARA EMBUTIR POR EL CANTO SUPERIOR E INFERIOR 10 Y 8"</li> <li>PICAPORTE DE Fe. PREFABRICADA HORIZONTAL Y VERTICAL DE 25", SEGUN DETALLE</li> <li>DEBIA PUERTAS YALE 1 UNO/PUERTA</li> <li>TRADOR DE Fe. 4" CON ACERO LISO #1/2" EXT.</li> <li>TRADOR DE Fe. 6" CON ACERO LISO #1/2"</li> <li>ALABRA DE Fe. SOLDADO A TRADOR CON OREJA PARA CANDADO DE 75mm YALE</li> <li>BUZON PARA CARTAS</li> <li>APERFORADO, PLATINAS Fe. #2mm.</li> <li>CONTRAPLACADA CON TREFIL LUPUNA DE 6mm. Y RELLENO CON FIBRA DE VIDRO DE 80kg/m3</li> <li>CONTRAPLACADO DE FIERRO CON APERFORADO EN PAREL INFERIOR SEGUN DET.</li> <li>SEALANTE DE FIBRA DE VIDRO DOBLADA #1.5mm.</li> <li>MALLA CON ALAMBRE GALVANIZADO N° 10 CUAZADA DE 1"x1" Y PERILES 1"x1"/8"</li> <li>PINTURA ANTICORROSIVO EPOXICO Y ESMALTE EPOXICO COLOR GRIS OSCURO PARA CARPINTERIA DE FIERRO</li> <li>ESPEJOR TOTAL # 5 M.I.S. CARPINTERIA CON MADERA COLOR ALUMINIO PARA CARPINTERIA DE MADERA / 01*</li> <li>PINTURA ZINCROMATO EPOXICO TERNADO 12 MANOS Y ESMALTE VERNICEL COLOR GRIS OSCURO (2 MANOS) APLICADO CON SOPLETE</li> <li>VIDRIO TRIPLE OPACO INCOLORO CATEDRAL LOWEIMA</li> <li>CONTRAPLACADA DE FIERRO, Y RELLENO CON FIBRA DE VIDRO</li> </ul> |

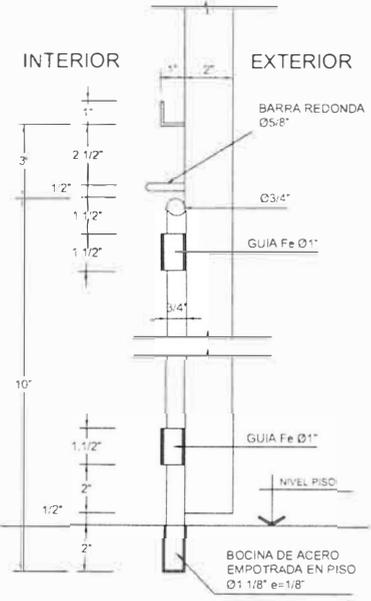


CONTRAPLACADA METALICA

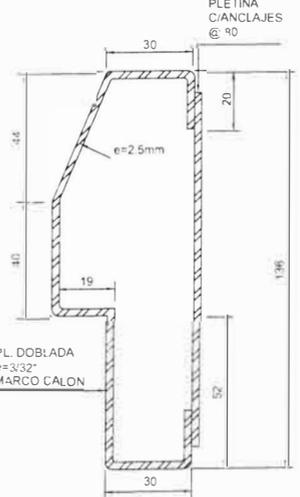
- NOTA**
- SE COLOCARA 01 CERRADURA TIPO PARCHÉ YALE ORIGINAL BRONCE PARA EXTERIORES (TRES GOLPES).
  - TODA LA CARPINTERIA METALICA LLEVARA 2 CAPAS DE ANTICORROSIVO EPOXICO Y PINTADO EN ESMALTE MATE EPOXICO COLOR GRIS OSCURO DE VENCEDOR.
  - LAS UNIONES DE SOLDADURA SERAN DE PUNTO AZUL ACABADO ESMERIL LUJADO Y MASILLADO.
  - LAS PUERTAS LLEVARAN 4 UNIDADES DE BISAGRA POR HOJA QUE NO SE VERAN POR FUERA
  - CONSULTAR LAS TONALIDADES DE COLORES CON EL PROYECTISTA.
  - LOS DEPOSITOS DE PINTURA SE PRESENTARAN EN OBRA PREFERENTEMENTE SELLADOS DE FABRICA Y EN SUS ENVASES ORIGINALES SEGUN LAS MARCAS DE PRIMERA CALIDAD INDICADAS EN PLANOS.
  - TODAS LAS SUPERFICIES A PINTAR DEBERAN ESTAR SECAS, LIMPIAS, RESANADAS MASILLADAS, LIBRE DE GRASA Y LUJADOS SIN MOSTRAR NINGUN TIPO DE IMPERFECCIONES, CONFORMANDO UNA SUPERFICIE.
  - LA INSPECCION PARA SOLICITAR EL REPINTADO DE LOS PAÑOS QUE CONSIDERE NECESARIO POR PRESENTAR DEFECTOS EN SU APLICACION, ASUMIENDO EL CONTRATISTA LOS COSTOS QUE ESTOS TRABAJOS GENEREN
  - EN LA CARPINTERIA DE FIERRO LOS PUNTOS DE SOLDADURA Y EMPALMES DEBEN SER PRECISOS, EVITANDO JUNTAS CON DEFECTOS DE CORTE, TANTO EN ANGULO DE 45° COMO EN ANGULO DE 90°.
  - NO SE PERMITIRA ELEMENTOS DEFORMADOS POR GOLPES & DETERIORO EN EL TRANSPORTE & COLOCACION QUE AFECTEN SU APARIENCIA. ASIMISMO SE ESMERILARA, PULIRA Y MASILLARA EN FORMA ADECUADA PARA EL ACABADO.



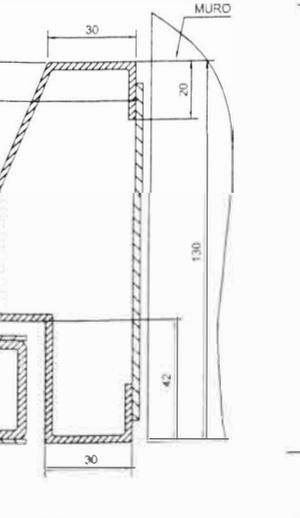
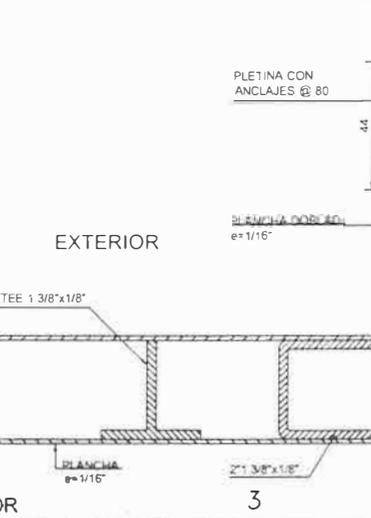
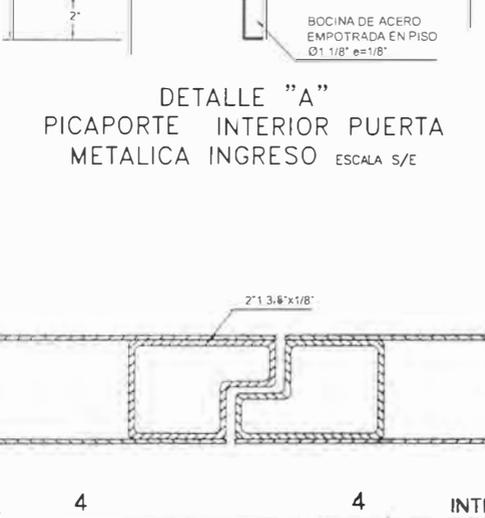
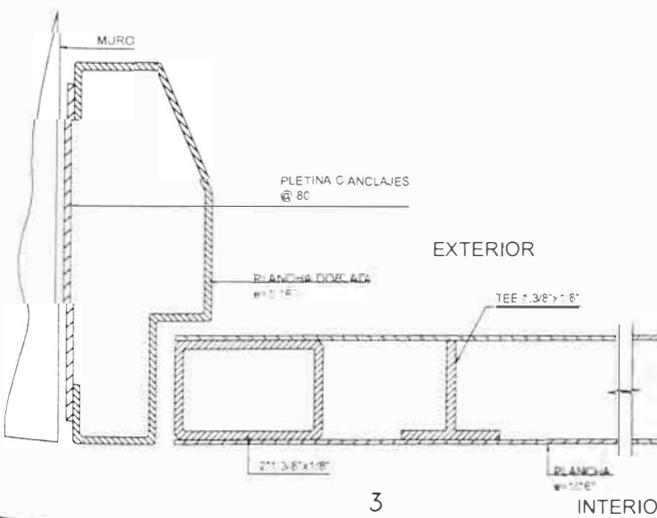
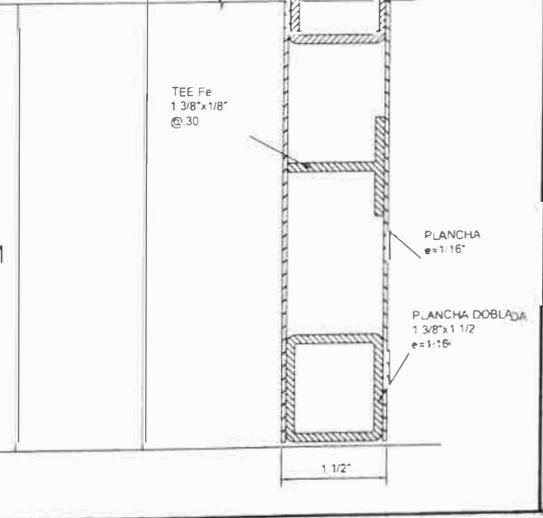
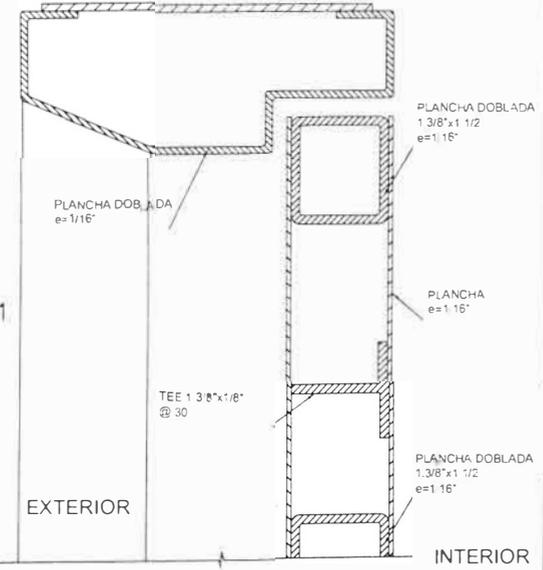
DETALLE "A"  
PICAPORTE INTERIOR PUERTA METALICA INGRESO ESCALA S/E



DETALLE "A"  
PICAPORTE CORTE PUERTA METALICA INGRESO ESCALA S/E



MARCO TIPICO  
PUERTA DE FIERRO  
ESCALA 1/2.5



PROPIETARIO :

CONTRATISTA :

ETAPA: ASBUIT

REVISADO POR: FECHA

|   |  |
|---|--|
| 0 |  |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

UBICACION:  
**CSS 44300001**  
**0102162 LI**  
**HABAS HORCO**

DIRECCION: Parcela 554, Sector Shayaupaayo

DISTRITO: MARCABAL  
PROVINCIA: HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS:  
LATITUD: -7.71867°  
LONGITUD: -77.97091°

ESPECIALIDAD:  
ESTRUCTURAS

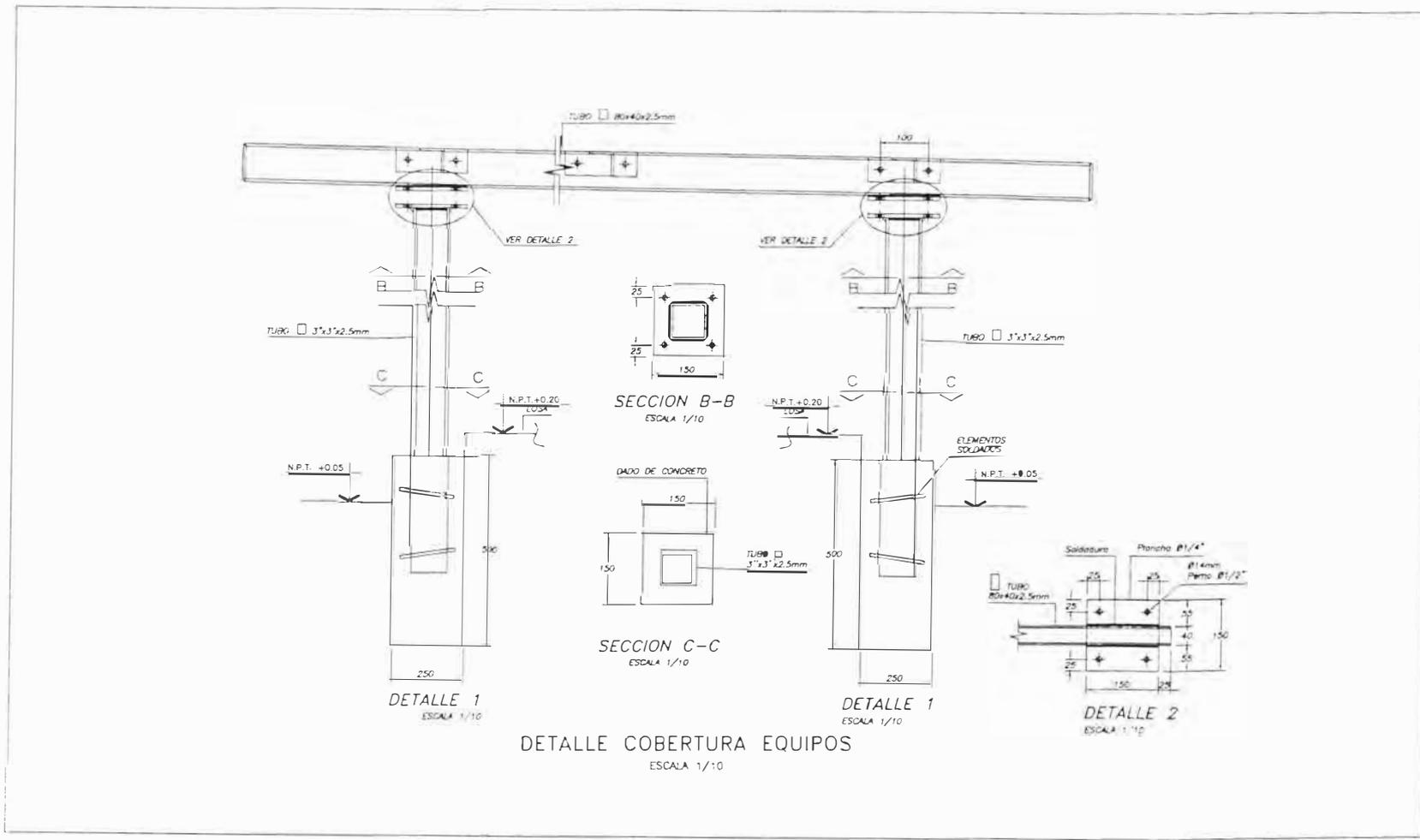
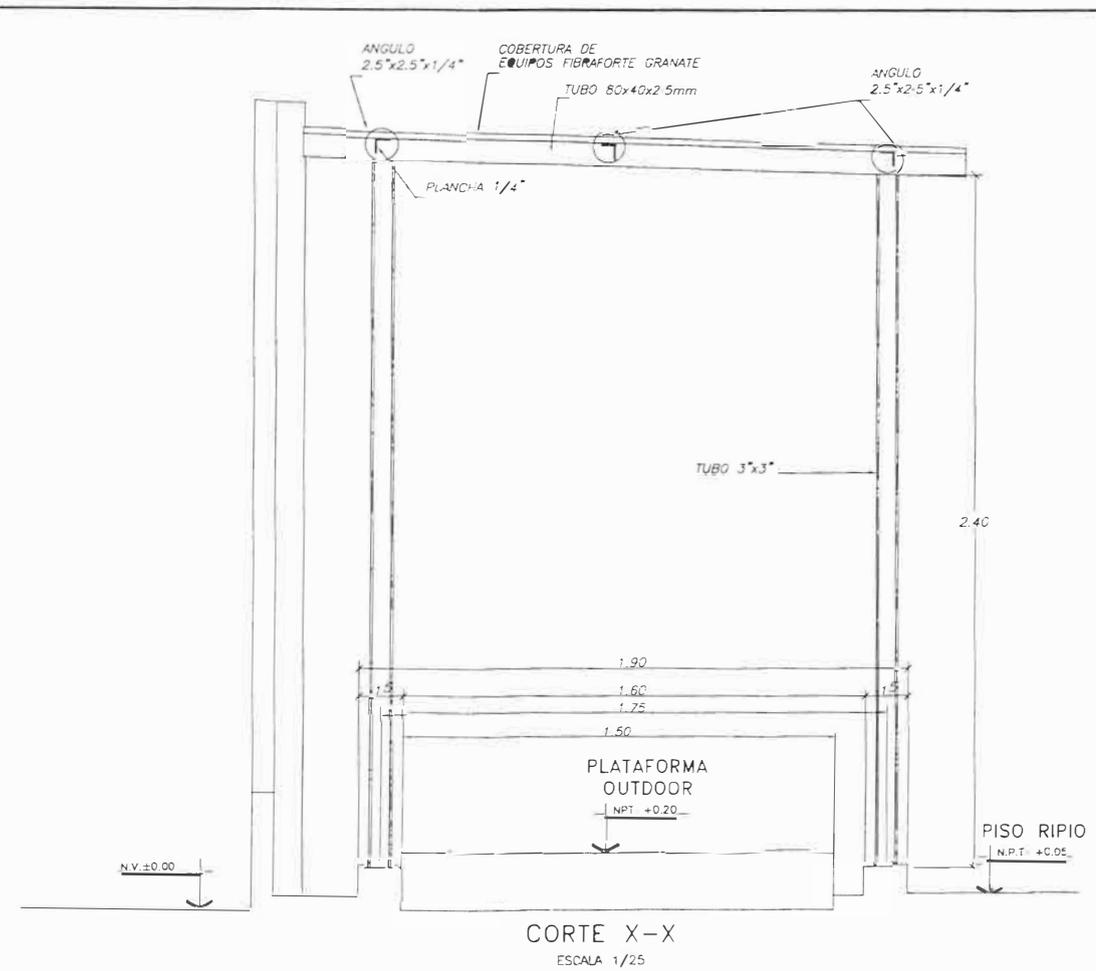
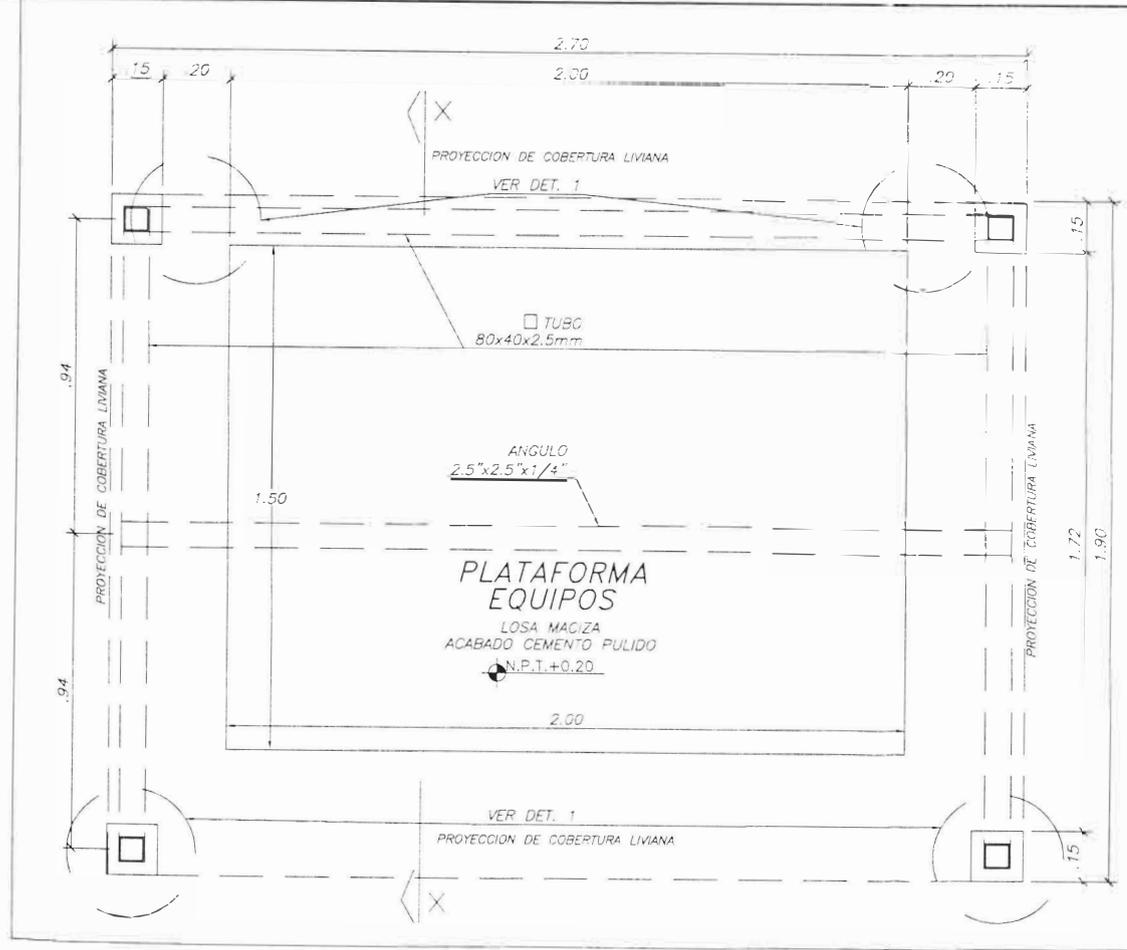
PROFESIONAL:  
ING. GABRIEL BENITES LAZO  
C.I.P.: 102476

FIRMA:

PLANO:  
DETALLES DE PUERTA METALICA CONTRAPLACADA

NUMERO DE LAMINA:  
**E-07**

ESCALA: FECHA:  
INDICADA JUNIO 2019



PROPIETARIO:

CCLL SITE SOLUTIONS

CONTRATISTA:

CORPORACION MONTAJA

ETAPA: ASBUIT

| REVISADO POR: | FECHA: |
|---------------|--------|
| 0             |        |
| 1             |        |
| 2             |        |
| 3             |        |
| 4             |        |
| 5             |        |
| 6             |        |

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCIÓN ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

UBICACIÓN:

**CSS 4430001 - 0102162.LI - HABAS HORCO**

DIRECCION: Parcela 554 Sector Shayapuycco

DISTRITO: MARCABAL  
PROVINCIA: HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS:

LATITUD: -7.71867°  
LONGITUD: -77.97091°

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS

PROFESIONAL:

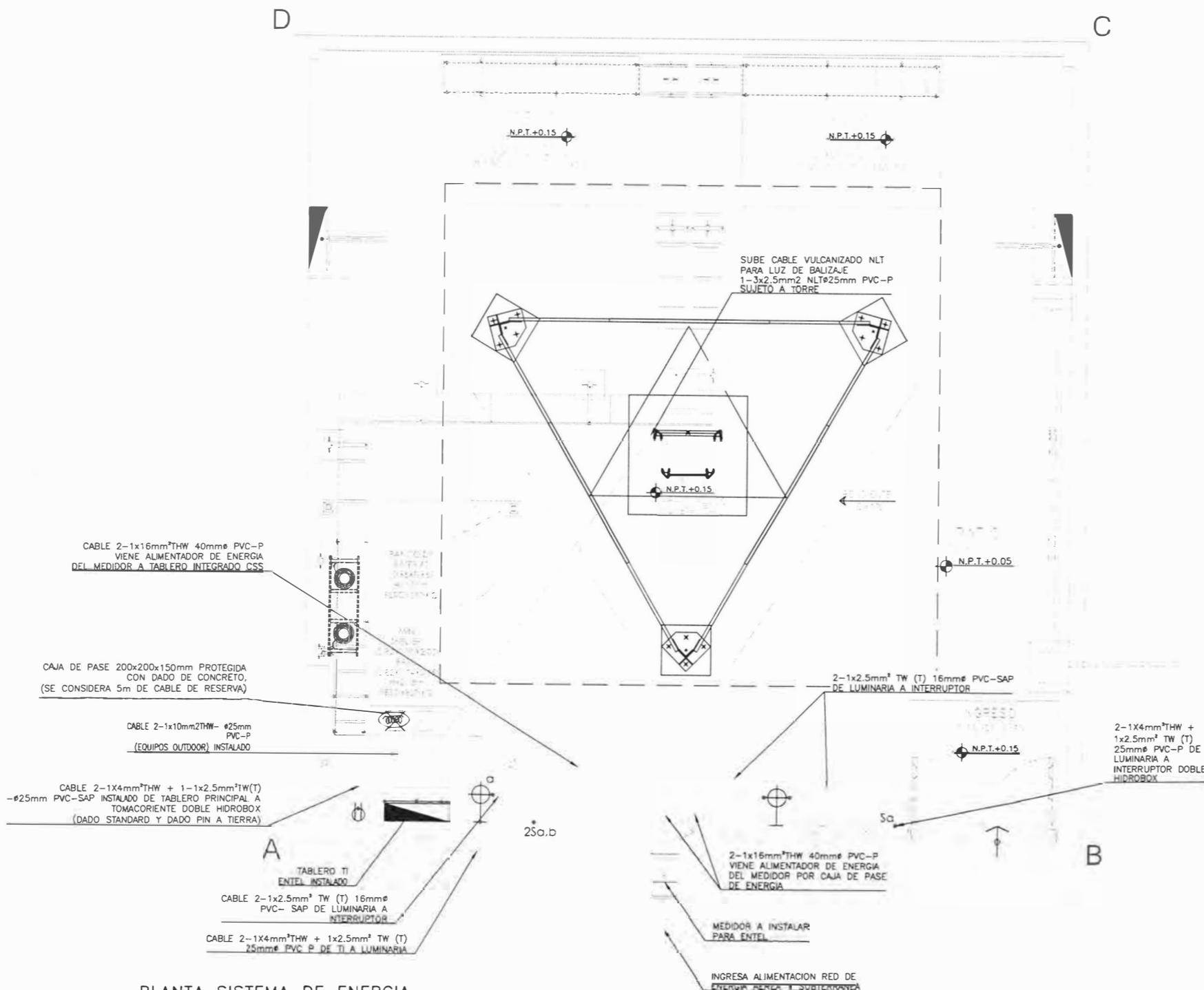
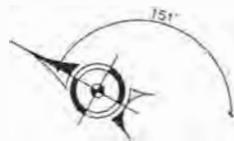
ING. GABRIEL BENITES LAZO  
C.I.P.: 102476

FIRMA:

PLANO: PLANTA Y DETALLES DE COBERTURA PARA EQUIPOS

NÚMERO DE LÁMINA: **E-08**

|                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| ESCALA INDICADA | FECHA: JUNIO 2019 |
|-----------------|-------------------|



**PLANTA SISTEMA DE ENERGIA**  
ESCALA 1/50

PROPIETARIO :



CONTRATISTA



ETAPA: ASBUIT

| REVISADO POR: | FECHA |
|---------------|-------|
| 0             |       |
| 1             |       |
| 2             |       |
| 3             |       |
| 4             |       |
| 5             |       |
| 6             |       |

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCIÓN ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

UBICACIÓN:  
**CSS 44300001**  
**0102162\_LI\_HABAS**  
**HORCO**  
DIRECCION: Parcela 554, Sector Shayapuycco  
DISTRITO : MARCABAL  
PROVINCIA : HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS:  
LATITUD : -7.71867°  
LONGITUD : - 77.97091°

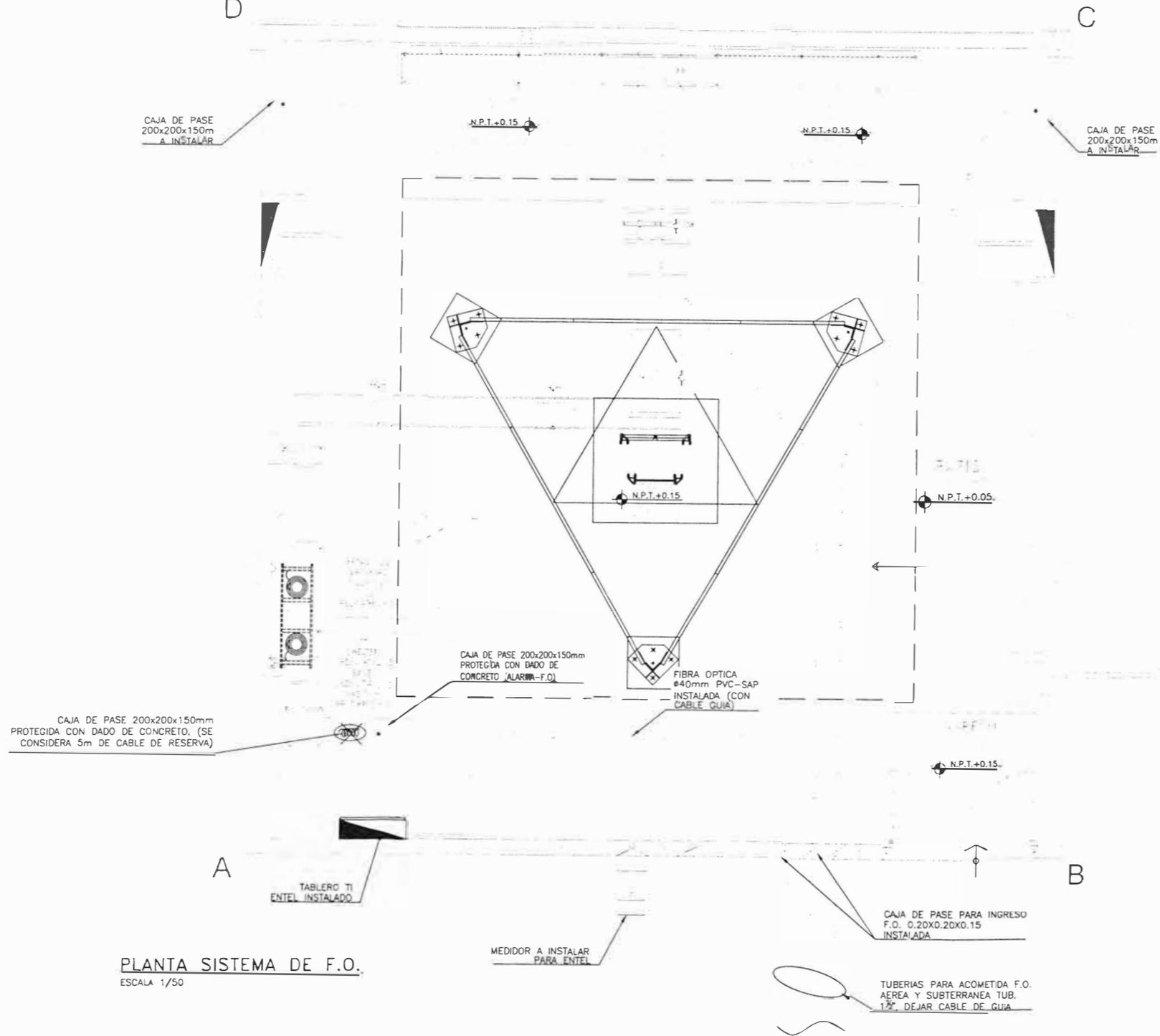
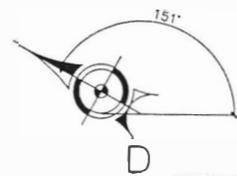
ESPECIALIDAD:  
INSTALACIONES ELECTRICAS

PROFESIONAL:  
ING. GABRIEL BENITES LAZO  
C.I.P.: 102476  
FIRMA:

PLANO:  
PLANTA SISTEMA DE ENERGIA

NÚMERO DE LÁMINA:  
**IE-01**

ESCALA: INDICADA  
FECHA: JUNIO 2019



PLANTA SISTEMA DE F.O.  
ESCALA 1/50

NOTA:-  
- SE DEJA GUIA PARA F.O. CON ALAMBRE N°16  
- SE SEÑALIZA CON PINTURA LAS CAJAS DE PASES PARA F.O.

PROPIETARIO :



CONTRATISTA



ETAPA: ASBUIT

| REVISADO POR: | FECHA |
|---------------|-------|
| 0             |       |
| 1             |       |
| 2             |       |
| 3             |       |
| 4             |       |
| 5             |       |
| 6             |       |

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCIÓN ESTA Estrictamente PROHIBIDA

UBICACIÓN:  
**CSS 44300001 -**  
**0102162\_LI HABAS -**  
**HORCO**

DIRECCION: Parcela 554. Sector Shayapuayco

DISTRITO : MARCABAL  
PROVINCIA : HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS:  
LATITUD : -7.71867°  
LONGITUD : -77.97091°

ESPECIALIDAD :  
INSTALACIONES ELECTRICAS

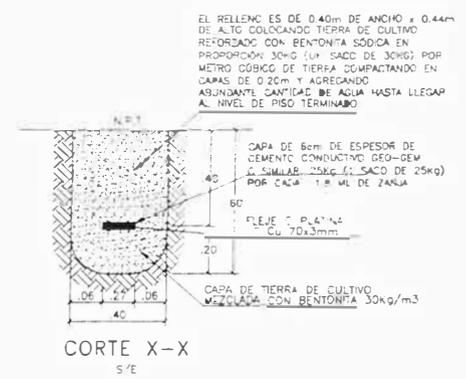
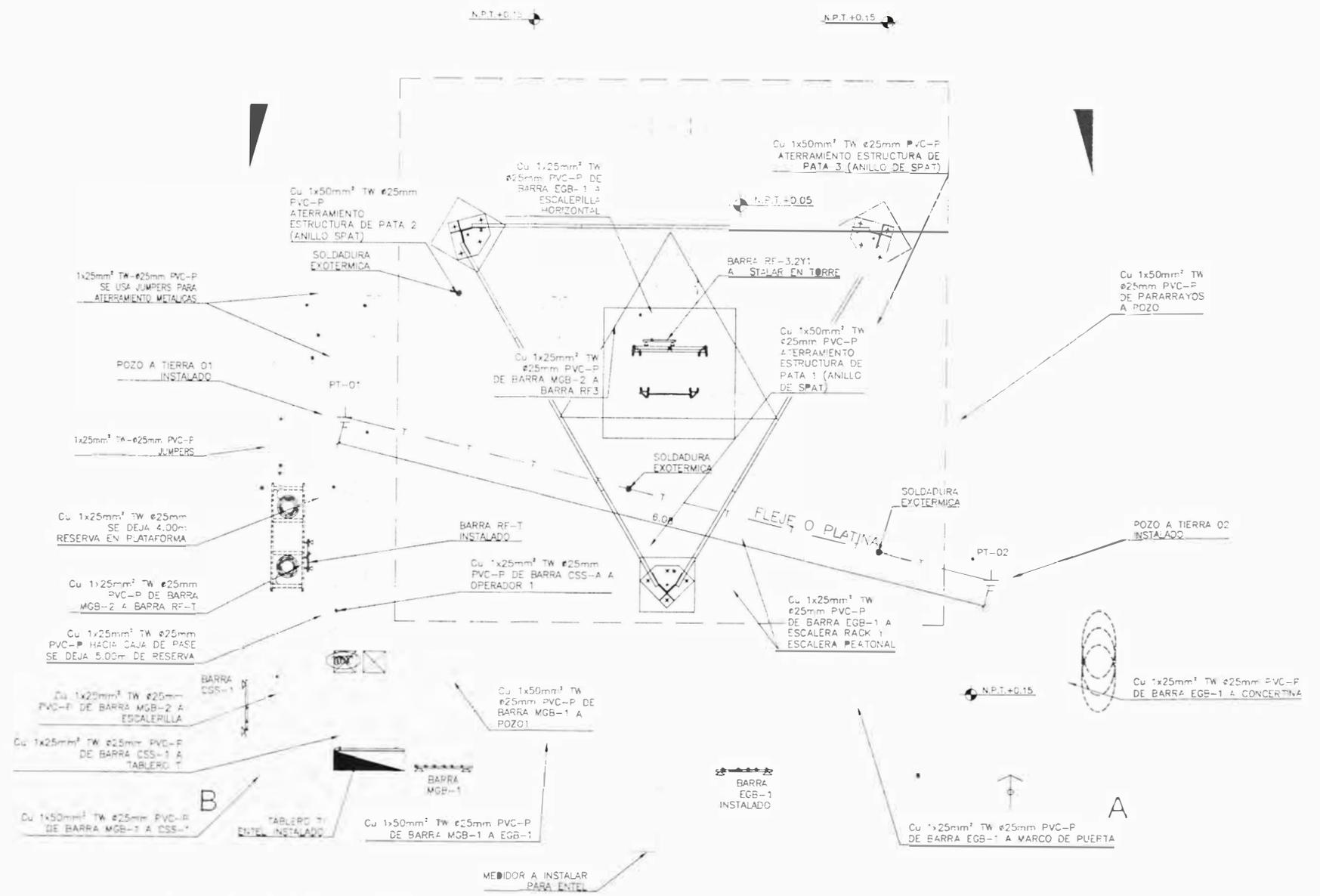
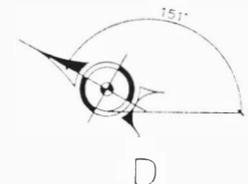
PROFESIONAL:  
ING. GABRIEL BENITES LAZO  
C.I.P.: 102476

FIRMA:

PLANO: PLANTA SISTEMA DE F.O.

NÚMERO DE LÁMINA:  
**IE-02**

ESCALA: INDICADA  
FECHA: JUNIO 2019



PLANTA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA  
ESCALA: 1/50

NOTA-1:  
PARA LA CONTINUIDAD DE SISTEMAS DE S.P.A.T. SE INSTALÓ JUMPERS EN CADA PATA DE TORRE, PARA EMPALME DE ESCALERILLAS Y SOPORTES DE ESCALERILLA, ETC.

NOTA-2:  
- LOS POZOS HAN SIDO PINTADOS Y NUMERADOS EN SU TAPA E IDENTIFICADOS (LLEVA TAPA DE CONCRETO)

PROPIETARIO :



CONTRATISTA



ETAPA: ASBUIT

| REVISADO POR: | FECHA |
|---------------|-------|
| 0             |       |
| 1             |       |
| 2             |       |
| 3             |       |
| 4             |       |
| 5             |       |
| 6             |       |

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

UBICACION  
**CSS 44300001**  
**0102162 LI HABAS HORCO**  
DIRECCION: Parcela 554, Sector Shoyapuayce  
DISTRITO : MARCABAL  
PROVINCIA : HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS:  
LATITUD : -7.71867°  
LONGITUD : - 77.97091°

ESPECIALIDAD  
INSTALACIONES ELECTRICAS

PROFESIONAL:  
ING. GABRIEL BENITES LAZO  
C.I.P.: 102476

FIRMA:

PLANO  
PLANTA SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

NÚMERO DE LAMINA  
**IE-03**

ESCALA INDICADA  
FECHA: JUNIO 2019

LEYENDA

| SIMBOLO | DESCRIPCION   | H=SNMT<br>mts. |
|---------|---|----------------|
|         | TABLERO DE INTEGRADO ELECTRICA, METALICA ADOSSADO / EMPOTRADO   | 1.80m (5'6")   |
|         | CIRCUITO EN CONDUCTO EMPOTRADO EN VIGA O PARED PVC-P  |                |
|         | CIRCUITO EN CONDUCTO EMPOTRADO EN PISO PVC-P  |                |
|         | MEDIDOR DE ENERGIA W-H  | 1.40m (4'6")   |
|         | SALIDA PARA TOMACORRIENTES BIPOLAR DOBLE UNIVERSAL CON DADOS MAGIC-TICINO 15A-220V./ CON ESPIGA A TIERRA - HERMETICO                                  | 0.40 Esp.      |
|         | APTEFACTO TIPO BRAQUETE "BPLA-111" CON FLUORESCENTE COMPACTO PL-S DE 1'W Y DIFUSOR PRISMATICO, CASCO DE PLANCHA ANIDIZADO CON EMPAQUETADURA HERMETICA | INDICADO       |
|         | APTEFACTO DE ALUMBRADO REFLECTOR HALOGENO 500W  | 2' 40"         |
|         | INTERRUPTOR UNIPOLAR DE 1 Y 2 GOLPES CON PLACA DE ALUMINIO DE 1 Y 2 HUECOS Y DADO INTERRUPTOR MAGIC TICINO - HERMETICO                                | 1.80 Esp.      |
|         | CAJA DE PASO Y EMPALMES   | INDICADO       |
|         | POZO DE TIERRA  |                |
|         | REGISTRO DEL SISTEMA DE TIERRA, VER DETALLE.  |                |
|         | SISTEMA DE TIERRA CON CABLE DE COBRE DESNUDO DE 1x50mm <sup>2</sup> (VER PLANO IE-03)   |                |
|         | SISTEMA DE TIERRA CON CABLE 1x50mm <sup>2</sup> TW EN TUBERIA DE Ø25mm PVC-P (VER PLANO IE-03)  |                |
|         | SISTEMA F.O. Ø40mm PVC-SAP (VER PLANO IE-03)  |                |

CAJA O=OCTOGONAL DE 100x40mm  
CAJA C=CUADRADA DE 100x40mm  
CAJA R=RECTANGULAR DE 100x55x50mm

NOTA:  
LAS CAJAS DE LOS TOMACORRIENTES DONDE ENTREN MAS DE DOS TUBOS SERAN CUADRADOS DE 100x40mm Y CON TAPA GANG.

NOTAS GENERALES

1.0 ALIMENTADORES, CAJAS, TUBERIAS

- 1.1 TODAS LAS TUBERIAS CUYO RECORRIDO SEA POR TERRENO NATURAL O PISO EXISTENTE SERAN PROTEGIDAS CON UN DADO DE CONCRETO.
- 1.2 DEBERA PONERSE TAPA CIEGA METALICA A TODAS LAS CAJAS.
- 1.3 LAS TUBERIAS SERAN DE PLASTICOS PVC DE CLASE PESADA 20mm<sup>2</sup> MINIMO Y TENDRAN SUS BORDES CON CONECTORES O TERMINALES PVC.
- 1.4 NO SE PERMITIRA EMPALMES ENTRE CAJA Y CAJA NI EN EL RECORRIDO DE ALIMENTADORES Y CIRCUITOS ESPECIALES.
- 1.5 TODOS LOS CONDUCTORES PARA LUCES DE BALIZAJE SERAN CABLE VULCANIZADO Y LAS OTRAS SALIDAS INDICADAS CON CABLE AISLAMIENTO TERMOPLASTICO TW INDECO O CEPER.
- 1.6 LOS ALIMENTADORES PRINCIPALES SERAN THW INDECO O CEPER.

2.0 TABLEROS ELECTRICOS

- 2.1 AISLADOR PORTABARRAS DE RESINA BENORA 0.5 KV.
- 2.2 SERAN METALICOS PLANCHA 1.15" FRETE MUERTO.
- 2.3 LA CONTRATISTA DEBERA PRESENTAR PREVIAMENTE LOS PLANOS DE FABRICACION DE LOS TABLEROS A LA INSPECCION PARA SU APROBACION Y EJECUCION.
- 2.4 LOS TABLEROS TENDRAN SOBRE METALICO PARA EL DIRECTORIO Y SE SEÑALARA EL TABLERO Y LOS CIRCUITOS DEL MISMO.
- 2.5 LLEVARAN BARRA DE TIERRA Y BARRAS DE DISTRIBUCION PINTADAS SEGUN NORMA.
- 2.6 EL TABLERO SERA HERMETICO Y A PRUEBA DE HERMETICIDAD Y DE LLUVIA LOS CONTROLES DE LUCES DE BALIZAJE ESTARAN EN EL MANDIL INTERIOR DEL TABLERO.

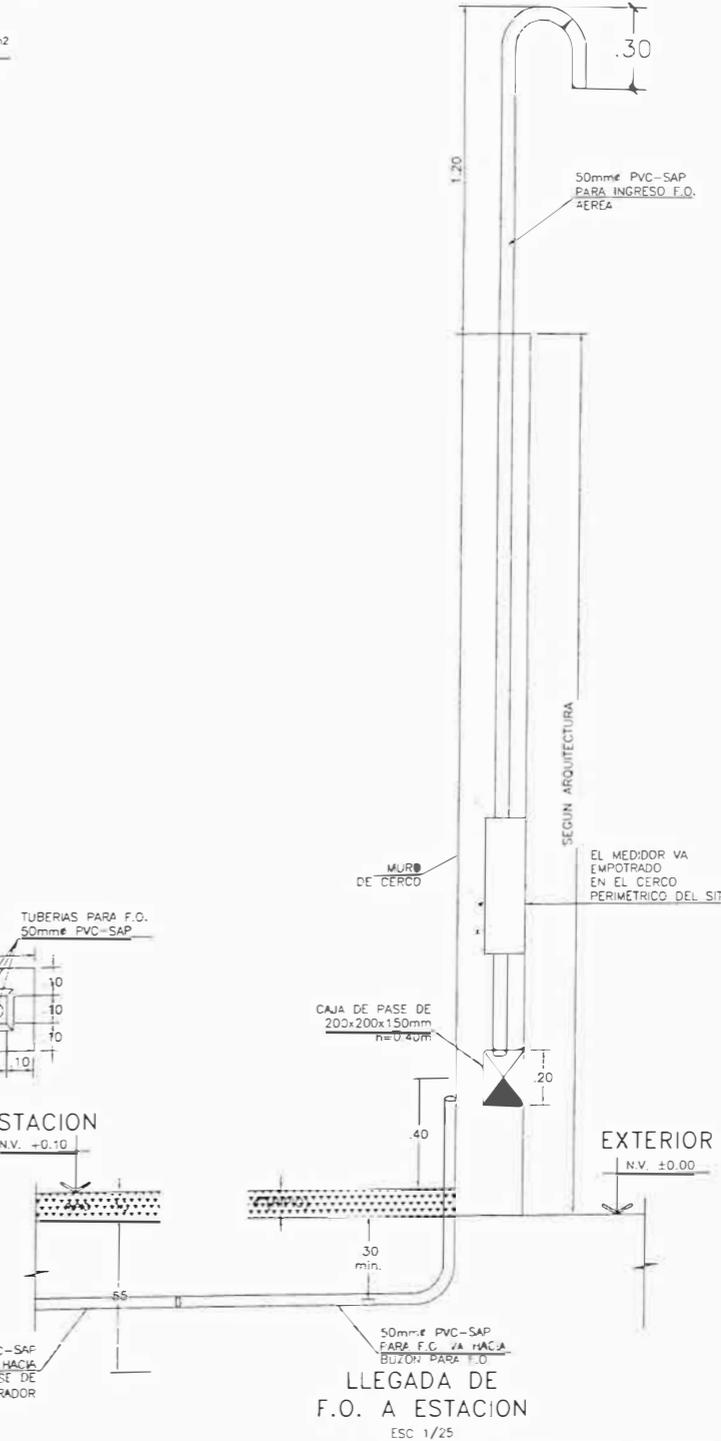
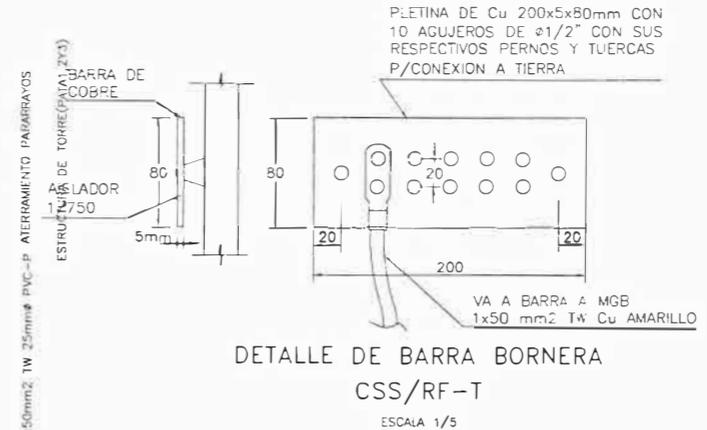
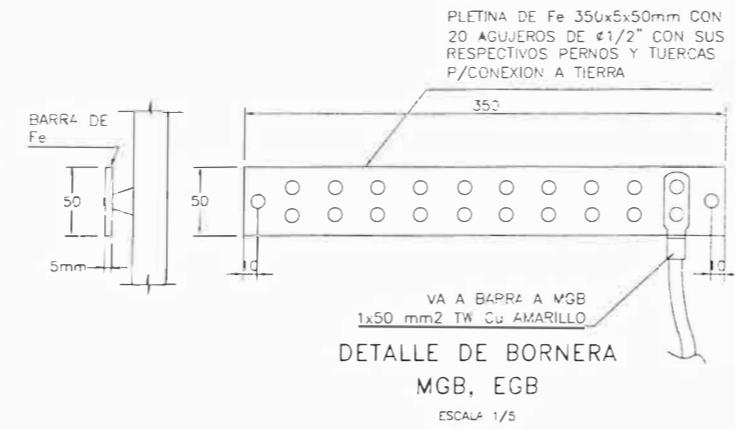
3.0 SISTEMA DE TIERRA (60-120)

- 3.1 POR CADA POZO, USAR 3 DOSIS DE THORCEL POR CADA M3 DE TIERRA, EN ZANJA USAR 3 DOSIS DE THORCEL POR CADA M3 DE TIERRA MEZCLAR 30kg DE BENTONITA POR CADA M3 DE TIERRA.
- 3.2 LOS CABLES Y/O PLETINAS CONTEMPLADOS SON DEL TIPO COBRE ELECTROLITICO.
- 3.3 LAS MEDICIONES DEL SISTEMA DE TIERRA SERAN:
  - a) SISTEMA TOTAL < 05 OHMIOS
  - b) SE UTILIZARA FLEJE CU DE 70mmx3mm DE COBRE PARA UNION ENTRE POZOS SALVO INDICACION EN EL PLANO Y ESPECIFICACIONES TECNICAS, VER DETALLES LEYENDA Y DIMENSIONES DE CABLES EN PLANOS.
- 3.4 DAR EL TRATAMIENTO RESPECTIVO A LAS ZANJAS Y POZOS ACUERDO A LAS INDICACIONES DEL FABRICANTE DE LOS PRODUCTOS A EMPLEAR.
- 3.5 TODAS LAS CONEXIONES DE CABLES CON TERMINALES Y BARRAS DE TIERRA DEBERAN ABRIGARSE GRASA CONDUCTORA ANTIOXIDANTE.

NOTAS DE INSTALACIONES ELECTRICAS

- 1.- TODOS LOS CABLES DE PROTECCION Y DE TIERRA DEBEN SER DE COLOR AMARILLO O AMARILLO CON VERDE
- 2.- AL CONCLUIR LOS TRABAJOS SE DEBERA PROCEDER A LA LIMPIEZA DE DESPERDICIOS QUE EXISTAN, OCASIONADO POR MATERIAL Y EQUIPOS EMPLEADOS EN LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS.
- 3.- ESTE PLANO SE COMPLEMENTARA CON LAS MEMORIAS DESCRIPTIVAS.
- 4.- LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DEBERA SER MENOR O IGUAL A 5.0 OHMIOS, DE NO CONSEGUIR ESTE RESULTADO CON EL SISTEMA MOSTRADO, EL CONTRATISTA DEBERA PRESENTAR EL DISEÑO APROPIADO PARA LLEGAR A ESTE RESULTADO SEGUN RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

| N° | DESCRIPCION                   | DIMENSIONES(mm) | CANTIDAD |
|----|-------------------------------|-----------------|----------|
| 01 | BARRA CSS/RF-T,               | 200x50x5        | 02       |
| 02 | BARRA MGB-1, EGB-1            | 360x80x5        | 02       |
| 03 | BARRA EN TORRE RF1, RF2 Y RF3 | 200x50x5        | 03       |



PROPIETARIO:  
**CSS CELL SITE SOLUTIONS**

CONTRATISTA:  
**CORPORACION MONTANA**

ETAPA: ASBUIT

| REVISADO POR: | FECHA: |
|---------------|--------|
| 0             |        |
| 1             |        |
| 2             |        |
| 3             |        |
| 4             |        |
| 5             |        |
| 6             |        |

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

UBICACION:  
**CSS 44300001**  
**0102162 LI HABAS HORCO**  
DIRECCION: Parcelo 554, Sector Shoyapuoyco  
DISTRITO: MARCABAL  
PROVINCIA: HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS  
LATITUD: -7.71867°  
LONGITUD: -77.97091°

ESPECIALIDAD:  
INSTALACIONES ELECTRICAS

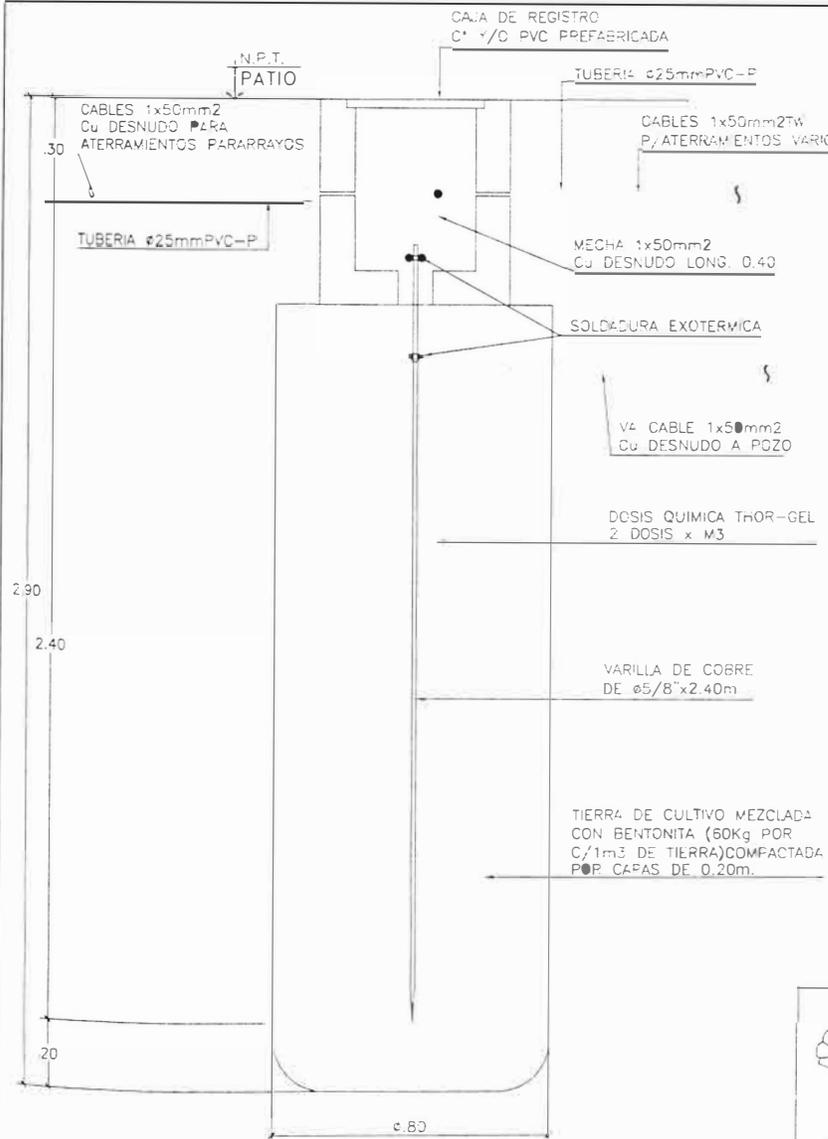
PROFESIONAL:  
ING. GABRIEL BENITES LAZO  
C.I.P.: 102476

FIRMA:

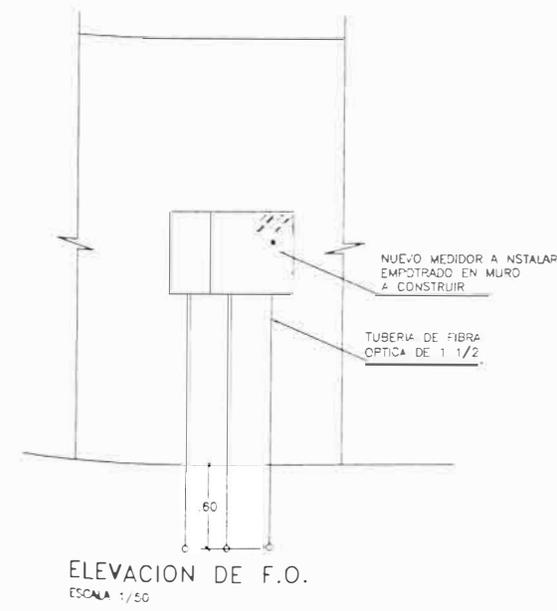
PLANO:  
DIAGRAMA UNIFILAR  
BARRAS BORNERAS, NOTAS GENERALES

NÚMERO DE LÁMINA:  
**IE-04**

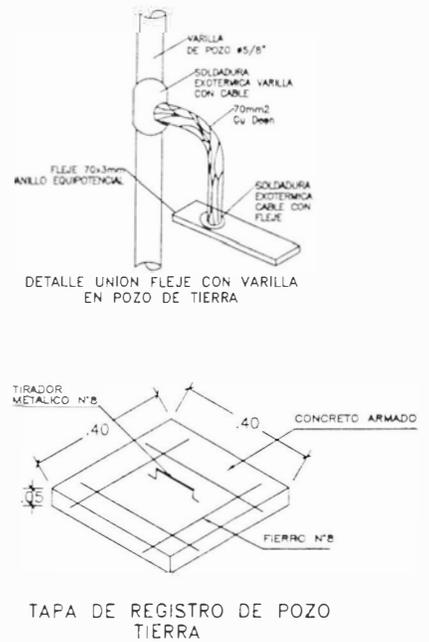
ESCALA: INDICADA  
FECHA: JUNIO 2018



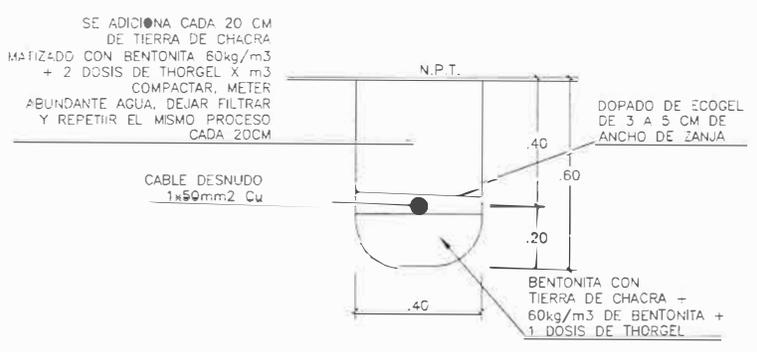
DETALLE TIPICO DE POZO DE TIERRA S/E



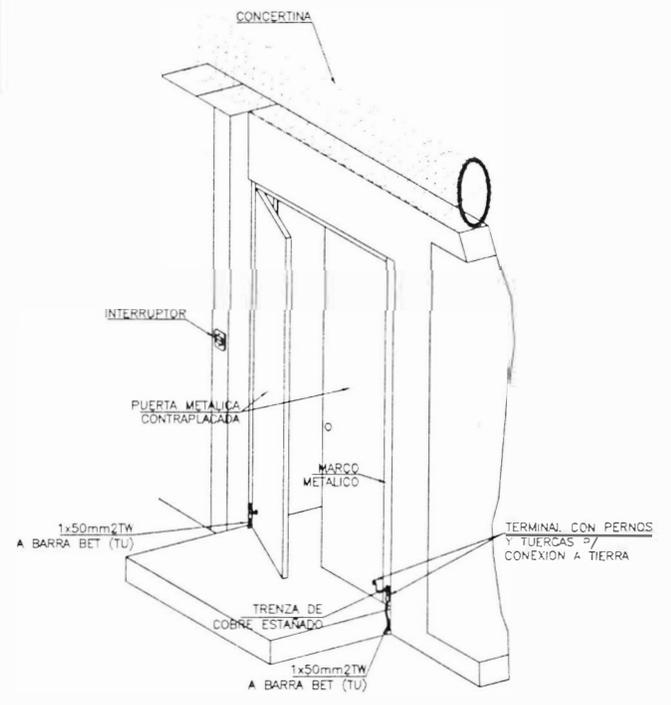
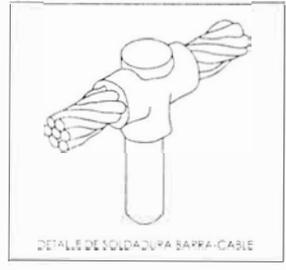
ELEVACION DE F.O. ESCALA 1/50



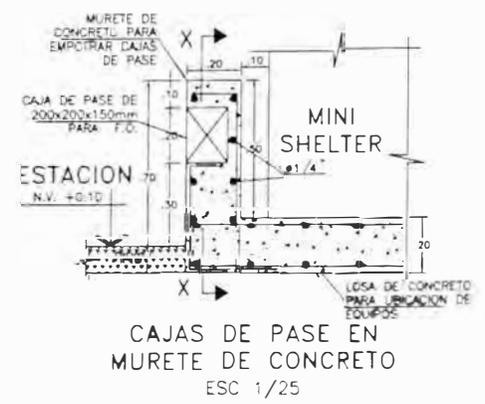
TAPA DE REGISTRO DE POZO TIERRA



CORTE X-X S/E DETALLE DE ENTERRAMIENTO DE CABLE DESNUDO EN ZANJA



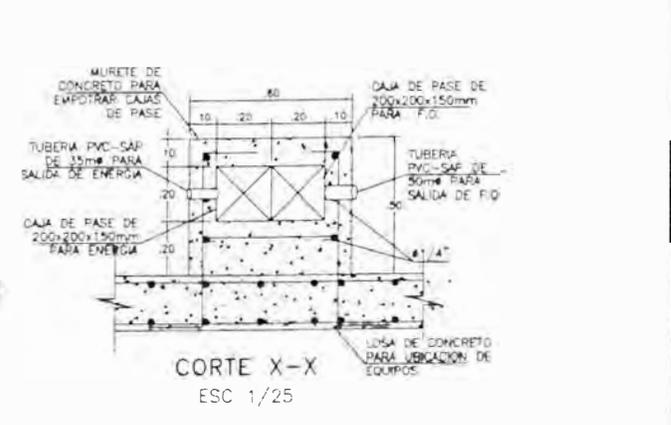
DETALLE DE ATERRAMIENTO DE PUERTA ESC: 1/50



CAJAS DE PASE EN MURETE DE CONCRETO ESC 1/25

**NOTAS DEL SISTEMA DE TIERRA**  
**1.-CONSTRUCCION DE POZO DE TIERRA**  
 Según diseño se construirá un pozo a tierra para esto:  
 1.-Excavar pozo de 3mts de profundidad por 1m2 de lado  
 2.-Se prepara el terreno, separando la tierra fina de los conglomerados de arena y piedras.  
 3.- Se Tamizara en una malla o zaranda de 1/2" la tierra de cultivo, despues de tamizado se mezclara con bentonita sodica 60 kg (2sacos de 30kg) por M3 de tierra)  
 4.-Vierta una capa de esta tierra , compactando hasta una altura de 0.25mts desde el fondo del pozo, matizado con thorgel, (3 dosis de thorgel x m3 de tierra de chacra) y verter abundante agua y dejar filtrar totalmente.  
 5.-Fije electrodo de 1/2" (0.019m) por 2.40m de profundidad, ubicando al centro e introduciendo hasta el fondo del pozo.  
 6.-Llene los siguientes 0.20mts con la tierra de chacra matizado con bentonita sodica 60 kg (2sacos de 30kg por M3 de tierra) siempre con thorgel (2 dosis de thorgel por m3 de tierra ), una vez compactado verter abundante agua, repita la operación cada 0.20mts.  
 7.-Una vez terminado el relleno total del pozo, hacer una hidratación final con 1cl de agua, dejar filtrar totalmente.  
 8.-Se debe colocar tapa de registro con base de concreto pre-armado fijandolo alrededor con cemento /arena y poder efectuar mante nimientos futuros y para medir el potencial existente, como así también un tubo de PVC de 25mm para llevar el cable desde el pozo hasta el tablero, en la que internamente estará el cable de 50mm2Tw.  
**II.- (Utilizando dosis química Thorgel)**  
 \* Disuelva el contenido de la bolsa azul de la primera caja de dosis de Thorgel en 20 litros de agua y viértalo en el pozo, espere que todo sea absorbido, luego disuelva el contenido de la bolsa crema de la dosis Thorgel en 20 litros de agua, viértala sobre el pozo y espere que sea absorbido totalmente (la forma como se preparan la mezcla del aditivo químico thorge de la caja 1 con el agua, luego se vierten a la mitad del pozo, esperando que sea absorbido totalmente). repita la operación con la segunda y tercera caja de dosis de Thorgel, hasta culminar el pozo.

**2.-PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA ZANJA**  
 D espues de haber realizado la excavacion de la zanja de 0.60 x 0.40, proceder a humedecer las paredes y la parte del fondo para reactivar las sales naturales y colocar una capa de tierra de 0.20 alto x 0.40 ancho mezclada de bentonita sodica en proporción (60kg de bentonita sodica xm3 de tierra ) humedecer y compactar, posteriormente colocar un fleje o platina de cobre de 70x3mm y colocar una capa de Bentonita mezclada con agua haciendo una maza espesa y colocar sobre el fleje desnudo en todo lo ancho de la zanja formando una capa de 2 a 3 cm de espesor, sobre esto colocar una segunda capa de 0.20 alto x 0.40 ancho mezclada de bentonita sodica en proporción 60kg de bentonita sodica xm3 de tierra ), compactar , agregar abundante agua y dejar en reposo hasta que filtre el agua, por cada m3 de tierra se aplicara 02 dosis de THOR GEL, culminar el relleno con tierra natural o de relleno previamente cemida y compactar humedeciendo con agua.



CORTE X-X ESC 1/25

PROPIETARIO :

**CSS CELL SITE SOLUTIONS**

CONTRATISTA

**CORPORACION MONTAYMA**

ETAPA: ASBUIT

| REVISADO POR | FECHA |
|--------------|-------|
| 0            |       |
| 1            |       |
| 2            |       |
| 3            |       |
| 4            |       |
| 5            |       |
| 6            |       |

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCIÓN ESTA ESTRUCTAMENTE PROHIBIDA

UBICACIÓN:

**CSS 44300001 - 0102162 LI HABAS HORCO**

DIRECCION: Parcela 554. Sector Shayapuyco

DISTRITO : MARCABAL  
 PROVINCIA : HUAMACHUCO  
 DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

COORDENADAS:

LATITUD : -7.71867°  
 LONGITUD : -77.97091°

ESPECIALIDAD: INSTALACIONES ELECTRICAS

PROFESIONAL:

ING. GABRIEL BENITES LAZO

C.I.P.: 102476

FIRMA:

PLANO: DETALLE DE POZO A TIERRA Y VARIOS

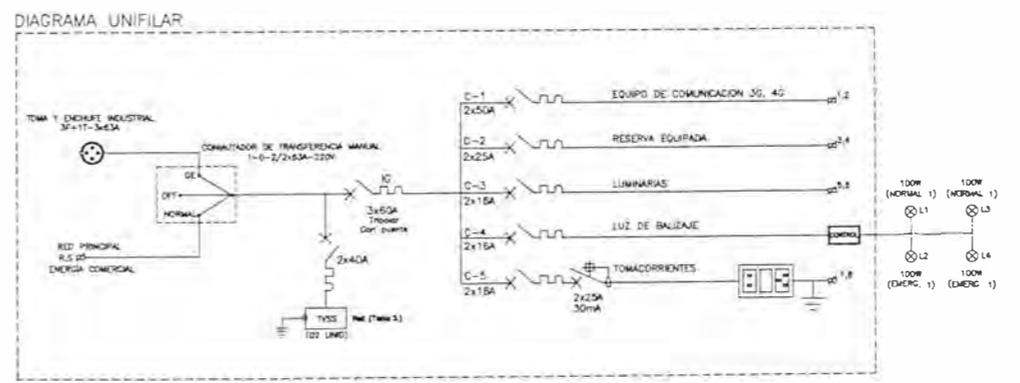
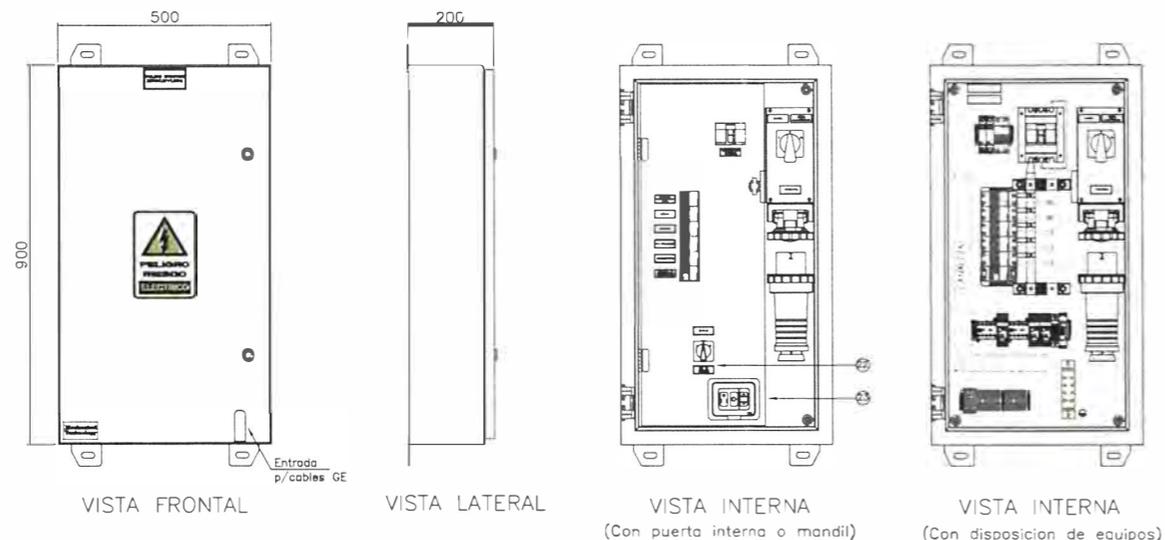
NÚMERO DE LÁMINA:

**IE-05**

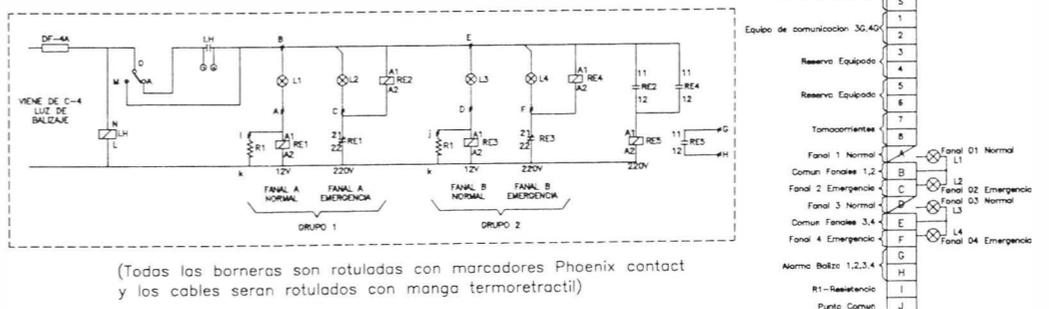
ESCALA INDICADA FECHA JUNIO 2019

# TABLERO INTEGRADO 220VAC-2F+T-60Hz

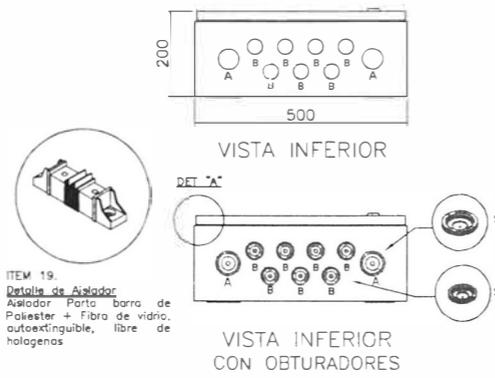
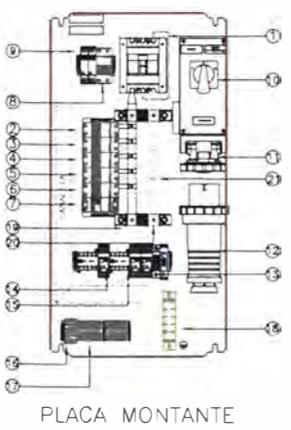
## Con circuito de luz de balizaje (04 Fanales)



CIRCUITO DE CONTROL DE LUZ DE BALIZAJE (04 FANALES)



(Todas las borneras son rotuladas con marcadores Phoenix contact y los cables seran rotulados con manga termoretractil)



| Item | Ø Pulgadas                 | Sello de estanqueidad | Cant. |
|------|----------------------------|-----------------------|-------|
| B    | knock out de 34,8mm=1"     | EPDM, REG-1,3         | 7     |
| A    | knock out de 49,7mm=1-1/2" | EPDM, REG-1,5         | 2     |

\* Tabla 1.

| Dimensiones-mm |             |     |
|----------------|-------------|-----|
| A              | Ancho       | 500 |
| H              | Altura      | 900 |
| L              | Profundidad | 200 |

\* Tabla 2.

| (*) Capacidad del Protector de Sobretensiones - TVSS |             |           |
|--|-------------|-----------|
| Zona   | Descripcion | Capacidad |
| Zona I   | Costa       | 40kA      |
| Zona II  | Sierra      | 80kA      |
| Zona III   | Selva       | 120kA     |

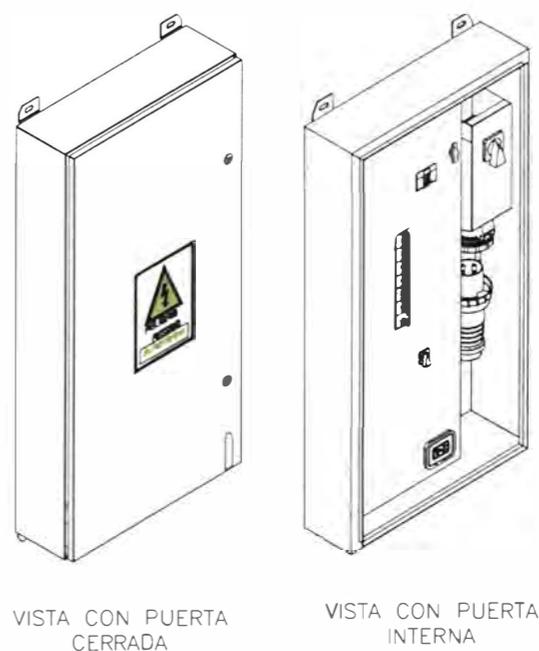
\* Tabla 3.

| Componente | Descripción                         | Cant. |
|------------|-------------------------------------|-------|
|            | Bisagra para Puerta Mandil          | 2     |
|            | Chapa para Puerta Mandil            | 1     |
|            | Bisagra pesada para puerta          | 2     |
|            | Chapa para puerta                   | 2     |
|            | Sello de estanqueidad EPDM de 48 mm | 2     |
|            | Sello de estanqueidad EPDM de 36 mm | 7     |

\* Tabla 4.

| TABLERO INTEGRADO, 2F+T-220VAC-60HZ |            |   |       |
|-------------------------------------|------------|---|-------|
| ITEM                                | COD.       | DESCRIPCION   | CANT. |
| 1                                   | IG         | Int. Term. Caja Mold, 3Px60Amp, 230VAC, IEC 947-2, Schneider Electric                           | 1     |
| 2                                   | ITM1       | Int. Term. DIN 2x50Amp, Curva C, 230VAC, IEC 947-2, Schneider Electric                          | 1     |
| 3                                   | ITM2       | Int. Term. DIN 2x25Amp, Curva C, 230VAC, IEC 947-2, Schneider Electric                          | 1     |
| 4                                   | ITM3       | Int. Term. DIN 2x16Amp, Curva C, 230VAC, IEC 947-2, Schneider Electric                          | 1     |
| 5                                   | ITM4       | Int. Term. DIN 2x16Amp, Curva C, 230VAC, IEC 947-2, Schneider Electric                          | 1     |
| 6                                   | ITM5       | Int. Term. DIN 2x16Amp, Curva C, 230VAC, IEC 947-2, Schneider Electric                          | 1     |
| 7                                   | DIF        | Int. Diferencial Tipo DIN 2x25Amp, Sensibilidad 30mA, clase AC, Schneider Electric              | 1     |
| 8                                   | ITM6       | Int. Term. DIN 2x40Amp, Curva C, 230VAC, IEC 947-2, Schneider Electric                          | 1     |
| 9                                   | TVSS       | Limitador de sobretension (SPD) - IP-Imax=40kA, 80kA, 120kA - Up=230Vgol, Schneider Electric, 2 | 2     |
| 10                                  | CONM 1-0-2 | Conmutador 1-0-2, 2x63Amp   | 1     |
| 11                                  | T-Ind      | Toma industrial de empalme, 63Amp, IP65, Abb, Schneider Electric                                | 1     |
| 12                                  | E-Ind      | Enchufe industrial de empalme, 63Amp, IP65, Abb, Schneider Electric                             | 1     |
| 13                                  | IH         | Interruptor Horario, Abb, Schneider Electric  | 1     |
| 14                                  | R22D       | Rele de 220 VAC, Abb, Schneider Electric  | 3     |
| 15                                  | R12        | Rele de 12 VAC, Abb, Schneider Electric   | 2     |
| 16                                  | BORN-35    | Borneras de conexio 35mm2, Abb, Schneider Electric  | 2     |
| 17                                  | BORN-4     | Borneras de conexio 4mm2, Abb, Schneider Electric   | 18    |
| 18                                  | BARRA-T    | Barra Cu - Tierra   | 1     |
| 19                                  | HD1-25-3F  | Asulador, HD1-25-3F (NORMA IEC, NEMA)   | 2     |
| 20                                  | Cu Princ.  | Barra de Cu Principales Cu-3x20mm, Fases R-S  | 2     |
| 21                                  | Cu Deriv.  | Barra de Cu Derivadas Cu-2x10mm, Fases R-S  | 12    |
| 22                                  | M-0-A      | Selector manual -0- automatic   | 1     |
| 23                                  | T IDROX    | Tomacorriente Toma Doble Universal+Tierra   | 1     |

\* Tabla 5.



VISTA CON PUERTA CERRADA

VISTA CON PUERTA INTERNA

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Acero de perfiles y planchas: ASTM A-36 o similar. Encerramiento GOICOCHEA-TEL (gabinete monobloc): PL. LAF - 1.5 mm ASTM A-36. Placa montante (porta equipos): PL. GALV - 2.0 mm ASTM A-36.
- Pernos de alta resistencia, grado 5.8, zincado electrogalvanizado resistencia a la corrosión. Elementos de fijación y Sujecion: Pernos, Tuercas, Insertos. El suministro contiene los componentes necesarios de fijación correspondiente.
- Soldadura SMAW para aceros con un esfuerzo de fluencia igual a 70 ksi.
- Revestimiento. Acondicionamiento de superficie Grado SSPC SP5 Granallado / Arenado a metal blanco. Exterior e interiormente con resina de poliéster-epoxi granulado ANSI-61, texturizado. 60 µ esp - 4 Mils. Su diseño permite una estanqueidad IP55 y la máxima resistencia IK10. IP55 recintos ofrecen una protección casi completa del polvo y una cantidad significativa de protección contra el agua.
- Características Armario metálico modular. Resistencia a la corrosión y a los agentes químicos. Resistencia a los rayos ultravioleta (UV). Apertura puerta 120°, posibilidad de apertura de izquierda a derecha o viceversa. Sistema de cierre de 1/4" vuelta de control de bloqueo - Interior - Cierre cilíndrico con llave.
- Normas y códigos aplicables: Preparación de Superficies: Norma Americana SSPC VIS 1 - 89. (Steel Structures Painting Council - Pittsburgh USA) Materiales: American Society for Testing and Material - ASTM. Acero: American Institute of Steel Construction - AISC. - Soldadura: American Welding Society - AWS. Pintura: Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test - ASTM D 3359. Reglamiento Nacional de Construcciones de la República de Perú - E.030 Diseño Sismo resistente. IEC (International Electrotechnical Commission).

(\*)Todas las medidas estan en milímetros.

PROPIETARIO:

**CSS** CELL SITE SOLUTIONS

---

CONTRATISTA:

**CORPORACION MONTANA**

---

ETAPA: ASBUIT

---

REVISADO POR: FECHA:

|   |  |
|---|--|
| 0 |  |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |

---

LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE CSS PERU Y SU REPRODUCCIÓN ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA

---

UBICACIÓN:

**CSS 4430001\_**  
**0102162 LI HABAS\_**  
**HORCO**

DIRECCION: Parcela 554, Sector Shayapuyco

DISTRITO: MARCABAL  
PROVINCIA: HUAMACHUCO  
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

---

COORDENADAS:

LATITUD : -7.71867°  
LONGITUD : -77.97091°

---

ESPECIALIDAD:  
INSTALACIONES ELECTRICAS

---

PROFESIONAL:

ING. GABRIEL BENITES LAZO

C.I.P.: 102476

---

FIRMA:

---

PLANO: TABLERO INTEGRADO 2F/220VAC

---

NÚMERO DE LÁMINA:

# IE-06

---

ESCALA: FECHA:  
INDICADA JUNIO 2019



# GEOS

# CONSULTORES ASESORES Y ASOCIADOS S.A.C.

Nº 044246

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN INGENIERÍA DE CONCRETO,  
ASFALTO Y ENSAYOS ESPECIALES. ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIONES,  
EDIFICACIONES, SUPERVISIÓN DE OBRAS Y PROYECTOS PRIVADOS Y ESTATALES,  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS PARA LABORATORIO DE INGENIERÍA.



Certificado N°01559-18 ROT

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

Obra : 0102162\_LI\_HABAS HORCO\_B  
Ubicación : PARCELA 554 SECTOR SHAYAPUAYCO DISTRITO MARCABAL  
PROVINCIA HUAMACHUCO  
Solicitado : CELL SITE SOLUTIONS PERÚ S.A.C  
Fecha : SEGÚN FECHAS INDICADAS

EN 2 PROBETA (S) DE CONCRETO  
CON RESISTENCIA DE 210 Kg/Cm2

| Procedencia                          | Fecha<br>Vaciado | Fecha<br>Ensayo | Edad<br>días | Diámetro<br>Cm | Area<br>Cm2 | Carga<br>Kg. | Resistencia<br>Kg/Cm2 |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|--------------|-----------------------|
| <b>VACEADO CON CONCRETO MEZCLADO</b> |                  |                 |              |                |             |              |                       |
| ZAPATA                               | 27-11-18         | 04-12-18        | 7            | 15.0           | 177         | 33620        | 190                   |
|                                      | 27-11-18         | 11-12-18        | 14           | 15.1           | 179         | 38485        | 215                   |

Observaciones:

Muestras tomadas y curadas por el solicitante y enviadas a nuestro Laboratorio para ensayos

Técn. Resp J Torres

MRL N° 00162 -18

L.G.F

Compre  
al Perú



Gracias por su Preferencia - [www.geos-asociados.com](http://www.geos-asociados.com) - Dios los Bendiga  
Central: 342-5602 / 483-1344 • Cel. 999-965254 RPM: #949879  
E-mail: [administracion@geos-asociados.com](mailto:administracion@geos-asociados.com) • [rrhh@geos-asociados.com](mailto:rrhh@geos-asociados.com)

**OFICINA:**

Cal. Rafael Muñoz N° 398, Urb. Ingeniería - S.M.P. - Lima

**ADMINISTRACION CENTRAL:**

Agrupamiento Pachacamac Mz P1 Lt. 19  
Parcela 3 Primer Sector Barrio 1 - Villa El Salvador - Lima  
Viva Cristo, Viva el Rey

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.



# GEOS

## CONSULTORES ASESORES Y ASOCIADOS S.A.C.

Nº 044247

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN INGENIERÍA DE CONCRETO,  
ASFALTO Y ENSAYOS ESPECIALES, ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIONES,  
EDIFICACIONES, SUPERVISIÓN DE OBRAS Y PROYECTOS PRIVADOS Y ESTATALES,  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS PARA LABORATORIO DE INGENIERÍA.



Certificado N°01560-18 ROT

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

Obra : 0102162\_LI\_HABAS HORCO\_B  
Ubicación : PARCELA 554 SECTOR SHAYAPUAYCO DISTRITO MARCABAL  
PROVINCIA HUAMACHUCO  
Solicitado : CELL SITE SOLUTIONS PERÚ S.A.C  
Fecha : SEGÚN FECHAS INDICADAS

EN 2 PROBETA (S) DE CONCRETO  
CON RESISTENCIA DE 210 Kg/Cm2

| Procedencia                          | Fecha<br>Vaciado | Fecha<br>Ensayo | Edad<br>días | Diámetro<br>Cm | Area<br>Cm2 | Carga<br>Kg. | Resistencia<br>Kg/Cm2 |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|--------------|-----------------------|
| <b>VACEADO CON CONCRETO MEZCLADO</b> |                  |                 |              |                |             |              |                       |
| PEDESTAL                             | 27-11-18         | 04-12-18        | 7            | 15.1           | 179         | 33115        | 185                   |
|                                      | 27-11-18         | 11-12-18        | 14           | 15.1           | 179         | 37769        | 211                   |

**Observaciones:**

Muestras tomadas y curadas por el solicitante y enviadas a nuestro Laboratorio para ensayos

Téc. Resp. J. Torres

MRL Nº 00162 -18

L.G.F

*Comprale  
al Perú*



Gracias por su Preferencia - [www.geos-asociados.com](http://www.geos-asociados.com) - Dios los Bendiga

Central: 342-5602 / 483-1344 • Cel. 999-965254 RPM: #949879

E-mail: [administracion@geos-asociados.com](mailto:administracion@geos-asociados.com) • [rrhh@geos-asociados.com](mailto:rrhh@geos-asociados.com)

**OFICINA:**

Cal. Rafael Muñoz N° 398, Urb. Ingeniería - S.M.P. - Lima

**ALMACEN CENTRAL:**

Agrupamiento Pachacamac Mz P1 Lt. 19  
Parcela 3 Primer Sector Barrio 1 - Villa El Salvador - Lima

Vivo Cristo, Viva el Rey

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS EN INGENIERÍA DE CONCRETO,  
ASFALTO Y ENSAJOS ESPECIALES, ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTACIONES,  
EDIFICACIONES, SUPERVISIÓN DE OBRAS Y PROYECTOS PRIVADOS Y ESTATALES,  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS PARA LABORATORIO DE INGENIERÍA.



Certificado N°01602-18 ROT

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

Obra : 0102162\_LI\_HABAS HORCO\_B  
Ubicación : PARCELA 554 SECTOR SHAYAPUAYCO DISTRITO MARCABAL  
PROVINCIA HUAMACHUCO  
Solicitado : CELL SITE SOLUTIONS PERÚ S.A.C  
Fecha : 25/12/2018

EN 2 PROBETA (S) DE CONCRETO  
CON RESISTENCIA DE 210 Kg/Cm<sup>2</sup>

| Procedencia                          | Fecha Vaclado | Fecha Ensayo | Edad días | Diámetro Cm | Area Cm <sup>2</sup> | Carga Kg. | Resistencia Kg/Cm <sup>2</sup> |
|--------------------------------------|---------------|--------------|-----------|-------------|----------------------|-----------|--------------------------------|
| <b>VACEADO CON CONCRETO MEZCLADO</b> |               |              |           |             |                      |           |                                |
| ZAPATA<br>PEDESTAL                   | 27-11-18      | 25-12-18     | 28        | 15.0        | 177                  | 43365     | 245                            |
|                                      | 27-11-18      | 25-12-18     | 28        | 15.1        | 179                  | 44750     | 250                            |

**Observaciones:**

Muestras tomadas y curadas por el solicitante y enviadas a nuestro Laboratorio para ensayos

Téc. Resp. J. Torres  
MRL Nº 00162 -18  
L.G.F

Comprete  
al Perú



GEOS CONSULTORES ASESORES  
Y ASOCIADOS S.A.C.

WALTER BARRENECHEA SOTO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP Nº 38872

Gracias por su Preferencia - [www.geos-asociados.com](http://www.geos-asociados.com) - Dios los Bendiga  
Central: 342-5602 / 483-1344 • Cel. 999-965254 RPM: #949879  
E-mail: [administracion@geos-asociados.com](mailto:administracion@geos-asociados.com) • [rrhh@geos-asociados.com](mailto:rrhh@geos-asociados.com)

**OFICINA:**

Cal. Rafael Muñoz N° 398, Urb. Ingeniería - S.M.P. - Lima

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.

**ALMACEN CENTRAL:**

Agrupamiento Pachacamac Mz P1 Lt. 19  
Parcela 3 Primer Sector Barrio 1 - Villa El Salvador - Lima  
Viva Cristo, Viva el Rey



## CERTIFICADO DE CALIDAD

Certificado N° : 18-0093

Cliente : CELL SITE SOLUTIONS PERU S.A.C.

Fecha : 5 de septiembre de 2018

Site : HABAS ORCO

Descripción : TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR DE H=36M

Muestra 1 : ANGULO

Muestra 2 : ANGULO

Muestra 3 : MONTANTE

Muestra 4 : ZAPATA

Muestra 5 : SOPORTE

\* Para realizar el muestreo se toma como Referencia la Tabla de Muestreo según Norma ASTM A123/A 123M-15.

## 1.0 Medición de Espesor

| N° Muestra | ESPESOR (micras) |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Promedio | Especificación* |
|------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------------|
| Muestra 1  | 99.00            | 116.00 | 115.00 | 118.00 | 112.00 | 105.00 | 98.00  | 109.00 | 123.00 | 119.00 | 111.40   | ≥ 75            |
| Muestra 2  | 105.00           | 110.00 | 118.00 | 103.00 | 116.00 | 111.00 | 87.00  | 113.00 | 91.00  | 102.00 | 105.60   | ≥ 75            |
| Muestra 3  | 145.00           | 151.00 | 164.00 | 124.00 | 113.00 | 136.00 | 137.00 | 145.00 | 136.00 | 114.00 | 136.70   | ≥ 100           |
| Muestra 4  | 114.00           | 161.00 | 155.00 | 151.00 | 139.00 | 164.00 | 169.00 | 145.00 | 123.00 | 130.00 | 145.10   | ≥ 100           |
| Muestra 5  | 102.00           | 93.00  | 104.00 | 82.00  | 100.00 | 80.00  | 95.00  | 81.00  | 89.00  | 109.00 | 93.50    | ≥ 75            |

\* Especificación: Espesor promedio mínimo según Norma ASTM A123/A 123M-15.

Norma de ensayo: ASTM - E376-11 "Standard practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy-Current (Electromagnetic) Test Methods".

Equipo de Medición: Medidor de espesor de revestimiento

## 2.0 Adherencia:

Prueba de la cuchilla, según Norma ASTM A 123/A 123M-15, apartado 8.3.

| Muestra N° | Descripción | Adherencia |
|------------|-------------|------------|
| 1          | ANGULO      | CONFORME   |
| 2          | ANGULO      | CONFORME   |
| 3          | MONTANTE    | CONFORME   |
| 4          | ZAPATA      | CONFORME   |
| 5          | SOPORTE     | CONFORME   |



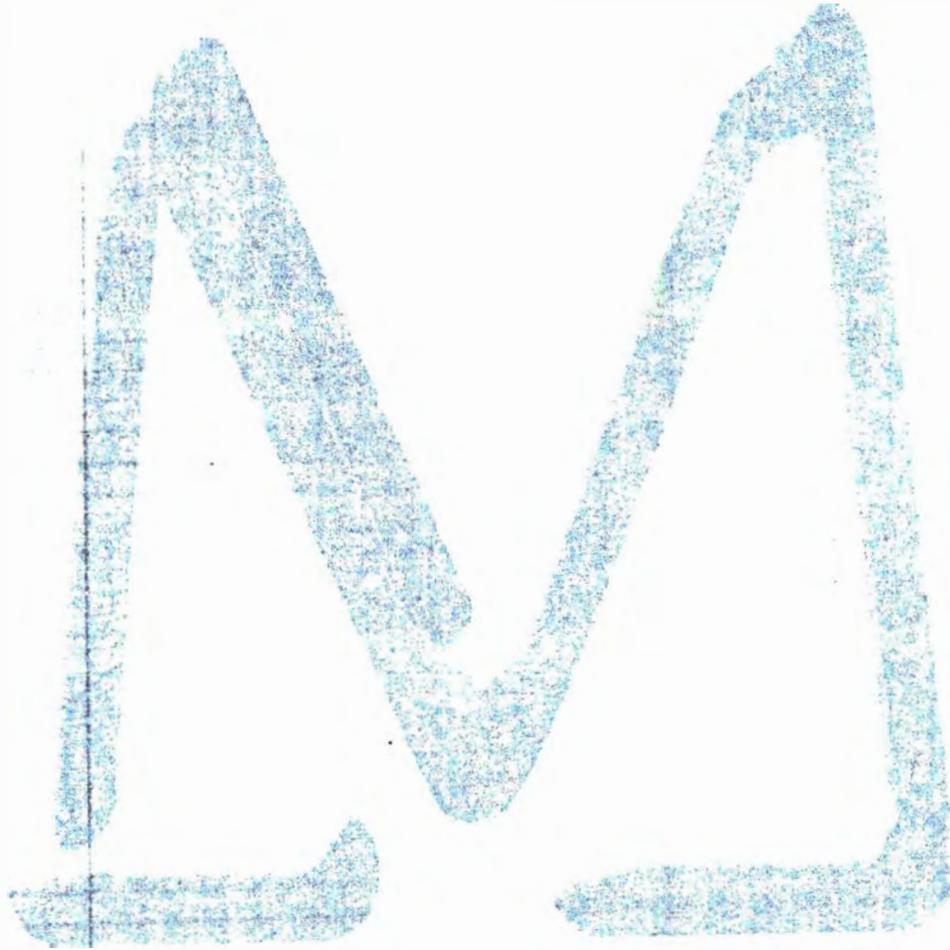
Servicio de Galvanizado en caliente

MIMCO

**3.0 Calidad del Zinc:**

*El Zinc empleado para el proceso de galvanizado en caliente corresponde a la calidad Special High Grade SHG, según norma ASTM B-6, con un grado de pureza superior a 99,990% de Zinc, cumpliendo con lo exigido en la Norma ASTM A 123/A 123M-15.*

*La prueba de pureza del Zinc es garantizado por nuestro proveedor con sus respectivos certificados de calidad.*



**METALES INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.**

Jr. Pacifico 680 Carmen de la Legua Reynoso - Callao, Perú  
Telf. : (51 - 1) 452-7880 Anexo: 264 Telefax: (51-1) 452-6341  
Web: [www.mimco.com.pe](http://www.mimco.com.pe)



**MIMCO SAC**  
*Construyendo Futuro*

**INFORME TOPOGRAFICO**

SITE: 0102162\_LI\_HABAS HORCO\_B  
 FECHA: 18/12/2018

PROYECTO/AÑO NRO / 2018  
 TIPO DE SITE GREENFIELD

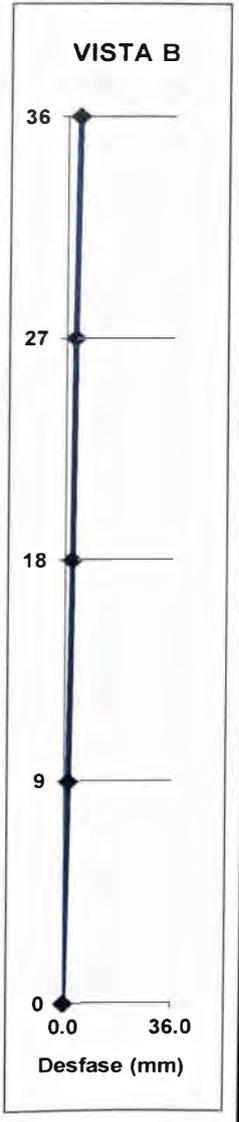
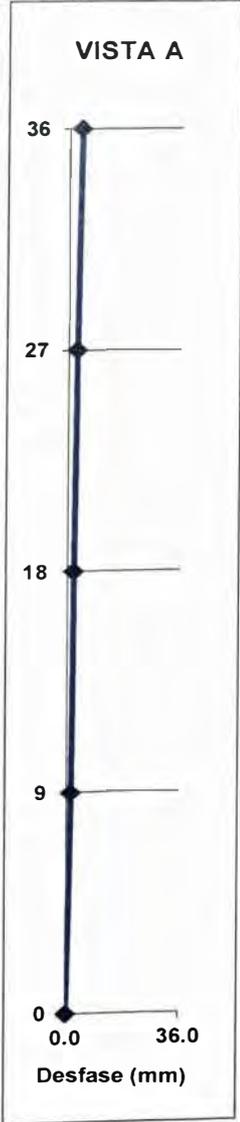
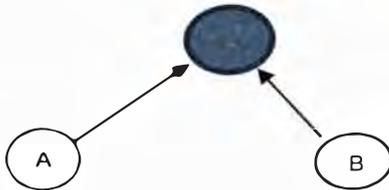
DIRECCION: PARCELA 554 SECTOR SHAYAPUAYCO - MARCABAL / HUAMACHUCO / LA LIBERTAD

**DATOS:**

| Distancia Teodolito | N° Cuerpo | H (altura) | Angulo |    |     | Angulo (Radianes) | Desfase (mm) | Vista |
|---------------------|-----------|------------|--------|----|-----|-------------------|--------------|-------|
|                     |           |            | G°     | M' | S'' |                   |              |       |
| PTO 1<br>30m        | 4         | 36         | 0      | 0  | 27  | 0.000131          | 3.9          | A     |
|                     | 3         | 27         | 0      | 0  | 19  | 0.000092          | 2.8          |       |
|                     | 2         | 18         | 0      | 0  | 14  | 0.000068          | 2.0          |       |
|                     | 1         | 9          | 0      | 0  | -10 | -0.000048         | 1.5          |       |
|                     | 0         | 0          | 0      | 0  | 0   | 0.000000          | 0.0          |       |
| PTO 2<br>35m        | 4         | 36         | 0      | 0  | 24  | 0.000116          | 4.1          | B     |
|                     | 3         | 27         | 0      | 0  | 18  | 0.000087          | 3.1          |       |
|                     | 2         | 18         | 0      | 0  | 14  | 0.000068          | 2.4          |       |
|                     | 1         | 9          | 0      | 0  | 8   | 0.000039          | 1.4          |       |
|                     | 0         | 0          | 0      | 0  | 0   | 0.000000          | 0.0          |       |

**NOTA:**

Ubicación de vistas del teodolito hacia la torre, angulo entre vistas aproximadamente 90°



**CONCLUSIONES**

Los desplazamientos cumplen con las tolerancias establecidas en el artículo N° 6.1.2.1 (Plumb Tolerante) de la Norma TIA/EIA-222-F "Structural Standards for Steel Towers and Antenna Structures".

**EQUIPO TOPOGRAFICO (Información técnica)**

TEODOLITO DIGITAL  
 MARCA NIKON  
 MODELO NE-101  
 PRECISIÓN 0.7"  
 LECTURA DIRECTA

*GABRIEL BENITES LAZC*  
**GABRIEL BENITES LAZC**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 102476



CORPORACION  
**MONTAYMA**

## VERIFICACION DE VERTICALIDAD



CELL SITE  
SOLUTIONS

ANEXO FOTOGRAFICO

### UBICACION CON TEODOLITO EN EL PUNTO A





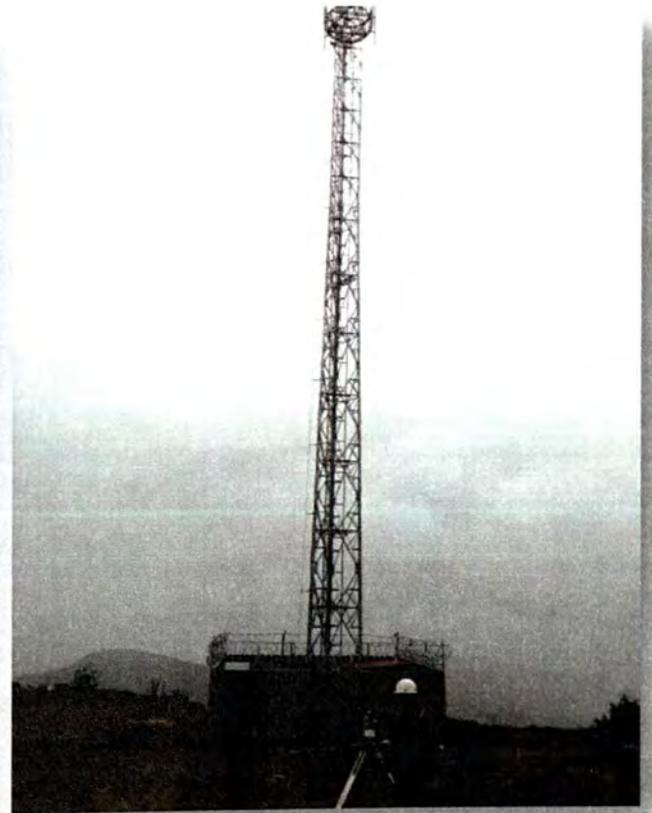
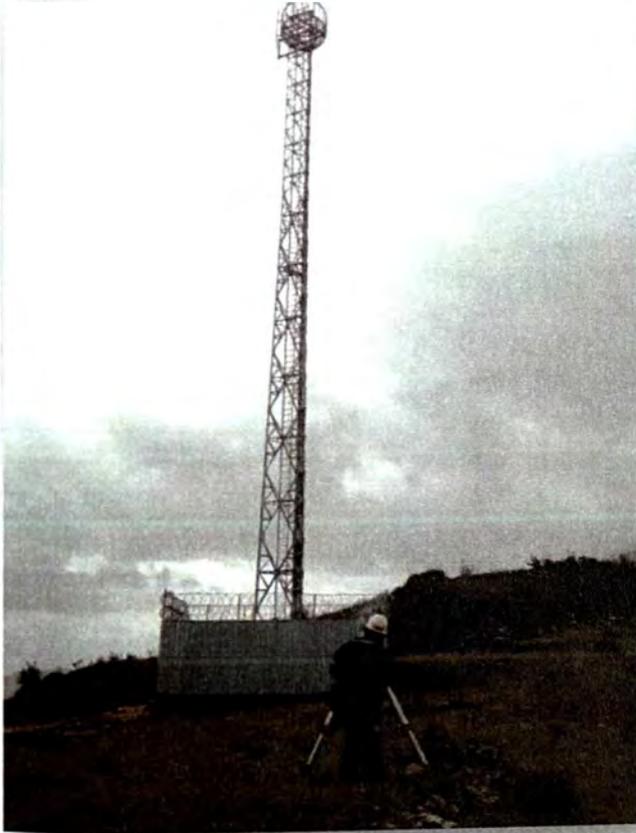
CORPORACION  
**MONTAYMA**

## VERIFICACION DE VERTICALIDAD



CELL SITE  
SOLUTIONS

### UBICACION CON TEODOLITO EN EL PUNTO B





# PROTOCOLO DE TORQUE

Proyecto : ENTEL  
 Name Site: HABAS HORCO  
 Fecha: 18-12-2018

## INFORMACION DEL SITIO

|                   |                                |                       |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Nombre de la EBC: | 0102162_LI_HABAS HORCO_B       | GABRIEL BENITES LAZO  |
| Sub Contrata:     | CORP. MONTAYMA SAC             | 18/12/2018            |
| Dirección         | PARCELA 554 SECTOR SHAYAPUAYCO |                       |
| Distrito:         | MARCABAL                       | Provincia: HUAMACHUCO |
|                   |                                | Dpto: LA LIBERTAD     |

## INFORMACION DE TORRE

|                      |    |                |            |
|----------------------|----|----------------|------------|
| Altura de Torre (m): | 36 | Tipo de Torre: | TRIANGULAR |
|----------------------|----|----------------|------------|

## RESULTADO DE SONDEO

| Elemento                   | Muestra Aleatoria | Diámetro del tornillo (Pulg)* |     | Torque según norma ASTM A 325 | ¿Requiere apriete? | Elemento                   | Muestra Aleatoria | Diámetro del tornillo (Pulg) | Torque (Pie/Lb) tomado en sitio | Torque según norma ASTM A 325 | ¿Requiere apriete? |
|----------------------------|-------------------|-------------------------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| <b>SECCIÓN 1 (00-06m.)</b> |                   |                               |     |                               |                    | <b>SECCIÓN 2 (06-12m.)</b> |                   |                              |                                 |                               |                    |
| Montantes                  | 1                 | 3/4                           | 280 | 260<br>300                    | NO                 | Montantes                  | 1                 | 3/4                          | 290                             | 260<br>300                    | NO                 |
| Diagonales                 | 2                 | 5/8                           | 160 | 150<br>170                    | NO                 | Diagonales                 | 2                 | 5/8                          | 150                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Horizontales               | 3                 | 5/8                           | 150 | 150<br>170                    | NO                 | Horizontales               | 3                 | 5/8                          | 160                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Redundante                 | 4                 | 5/8                           | 150 | 150<br>170                    | NO                 | Redundante                 | 4                 | 5/8                          | 160                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Cuadrante                  | 5                 | 5/8                           | 170 | 150<br>170                    | NO                 | Cuadrante                  | 5                 | 5/8                          | 170                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Techos                     | 6                 | 5/8                           | 170 | 150<br>170                    | NO                 | Techos                     | 6                 | 5/8                          | 170                             | 150<br>170                    | NO                 |
| <b>SECCIÓN 3 (12-18m.)</b> |                   |                               |     |                               |                    | <b>SECCIÓN 4 (18-24m.)</b> |                   |                              |                                 |                               |                    |
| Montantes                  | 1                 | 3/4                           | 280 | 260<br>300                    | NO                 | Montantes                  | 1                 | 3/4                          | 270                             | 260<br>300                    | NO                 |
| Diagonales                 | 2                 | 5/8                           | 170 | 150<br>170                    | NO                 | Diagonales                 | 2                 | 5/8                          | 170                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Horizontales               | 3                 | 5/8                           | 170 | 150<br>170                    | NO                 | Horizontales               | 3                 | 5/8                          | 170                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Redundante                 | 4                 | 5/8                           | 170 | 150<br>170                    | NO                 | Redundante                 | 4                 | 5/8                          | 170                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Cuadrante                  | 5                 | 5/8                           | 150 | 150<br>170                    | NO                 | Cuadrante                  | 5                 | 5/8                          | 160                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Techos                     | 6                 | 5/8                           | 150 | 150<br>170                    | NO                 | Techos                     | 6                 | 5/8                          | 160                             | 150<br>170                    | NO                 |
| <b>SECCIÓN 5 (24-30m.)</b> |                   |                               |     |                               |                    | <b>SECCIÓN 6 (30-36m.)</b> |                   |                              |                                 |                               |                    |
| Montantes                  | 1                 | 3/4                           | 270 | 260<br>300                    | NO                 | Montantes                  | 1                 | 3/4                          | 290                             | 260<br>300                    | NO                 |
| Diagonales                 | 2                 | 5/8                           | 170 | 150<br>170                    | NO                 | Diagonales                 | 2                 | 5/8                          | 150                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Horizontales               | 3                 | 5/8                           | 170 | 150<br>170                    | NO                 | Horizontales               | 3                 | 5/8                          | 150                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Redundante                 | 4                 | 5/8                           | 150 | 150<br>170                    | NO                 | Redundante                 | 4                 | 5/8                          | 150                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Cuadrante                  | 5                 | 5/8                           | 160 | 150<br>170                    | NO                 | Cuadrante                  | 5                 | 5/8                          | 170                             | 150<br>170                    | NO                 |
| Techos                     | 6                 | 5/8                           | 150 | 150<br>170                    | NO                 | Techos                     | 6                 | 5/8                          | 160                             | 150<br>170                    | NO                 |

LA VERIFICACION DEL AJUSTE SE REALIZO CADA 06 METROS TOMANDO EN CUENTA LA MEDICION DE TORNILLOS DE 3/4 Y 5/8 EN CADA TRAMO CORRESPONDIENTE, SE CONSTATA EL CORRECTO AJUSTE DE LOS TORNILLOS DE LA TORRE AUTOSOPORTADA DE 36 MTS



PRUEBA DE TORQUE:00-06 MTS



PRUEBA DE TORQUE:00-06 MTS



PRUEBA DE TORQUE:06-12 MTS



PRUEBA DE TORQUE:06-12 MTS



PRUEBA DE TORQUE:12-18 MTS



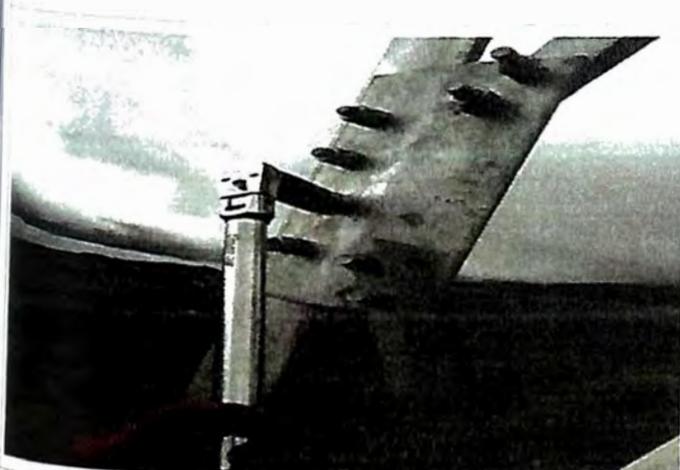
PRUEBA DE TORQUE:12-18 MTS



**PRUEBA DE TORQUE:18-24 MTS**



**PRUEBA DE TORQUE:18-24 MTS**



**PRUEBA DE TORQUE:24-30 MTS**



**PRUEBA DE TORQUE:24-30 MTS**



**PRUEBA DE TORQUE:30-36 MTS**



**PRUEBA DE TORQUE:30-36 MTS**



## Certificate of Calibration

|                     |                                   |                               |                   |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| <b>Model no.</b>    | <b>TECH3R250</b>                  | <b>Serial Number</b>          | <b>0617501419</b> |
| <b>Type</b>         | <b>Electronic Torque Wrench</b>   |                               |                   |
| <b>Range</b>        | <b>25.00 ft-lb – 250.00 ft-lb</b> | <b>Calibration equipment</b>  | <b>VT E002</b>    |
| <b>Manufacturer</b> | <b>Snap-on</b>                    | <b>Accuracy of calibrator</b> | <b>±0.25%</b>     |

| <b>Set Torque [ft-lb]</b>                          | <b>Readings [ft-lb]</b> |        |         |        |         |        |         |        |         |        |
|--|-------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| <b>Clockwise torque (Tolerance: ± 2.0%)</b>        |                         |        |         |        |         |        |         |        |         |        |
| 50   | 50.057                  | 0.1 %  | 50.057  | 0.2 %  | 49.897  | -0.2 % | 49.897  | -0.2 % | 49.693  | -0.6 % |
| 150  | 149.34                  | -0.4 % | 148.94  | -0.7 % | 148.59  | -0.9 % | 148.33  | -1.1 % | 148.13  | -1.2 % |
| 250  | 250.23                  | 0.1 %  | 250.4   | 0.2 %  | 250.4   | 0.2 %  | 250.01  | 0.0 %  | 249.82  | -0.1 % |
| <b>Counterclockwise torque (Tolerance: ± 3.0%)</b> |                         |        |         |        |         |        |         |        |         |        |
| -50  | -50.102                 | 0.2 %  | -50.335 | 0.7 %  | -50.335 | 0.7 %  | -50.335 | 0.7 %  | -50.335 | 0.7 %  |
| -150   | -150.99                 | 0.7 %  | -150.99 | 0.7 %  | -150.99 | 0.7 %  | -150.99 | 0.7 %  | -150.81 | 0.5 %  |
| -250   | -250.84                 | 0.3 %  | -251.37 | 0.5 %  | -251.59 | 0.6 %  | -251.59 | 0.6 %  | -251.38 | 0.6 %  |

**Result: Measured values are within tolerance according to: ISO 6789**

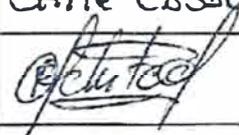
**Date: 16/02/2018**

**Operator: Michael Marquez**

**Supervisor: Joshua Helstrom**

## PROTOCOLO DE PRUEBAS DE SISTEMA PUESTA A TIERRA

### RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS MEDICIONES

|        |                                   |           |   |                 |                         |
|--------|-----------------------------------|-----------|---|-----------------|-------------------------|
| SITE:  | 0102162 - LI -<br>HABAS MORCO - B | Operator: | FERNANDO A.<br>CHITE CASAPI   | Equipo<br>Tipo: | MTD HEGGIBAS<br>20 KW e |
| BS No. |                                   | Firma:    |  | Serie<br>No.    | 1310421                 |

|                    |            |                                |            |
|--------------------|------------|--------------------------------|------------|
| Fecha Calibración: | 23.01.2018 | Fecha de carga de<br>Baterías: | 13.01.2018 |
|--------------------|------------|--------------------------------|------------|

#### LECTURAS EN OHM

|                                      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|
| Criterios de Aceptación < 5 $\Omega$ | 3.36 | 3.36 |
|--------------------------------------|------|------|

| METODO DE<br>MEDICION UTILIZADO: | METODO DEL 62%  |  |  |                            |
|----------------------------------|---|--|--|----------------------------|
|                                  | Distancia entre pica de corriente y pozo, D = 32 metros |  |  |                            |
|                                  | MEDICIONES  |  |  | VALOR PROMEDIO<br>(Ohmios) |
| Número Pozos<br>Utilizados :     | LECTURA 1   | LECTURA 2                                | LECTURA 3                                |                            |
|                                  | Pica electrodo de tensión<br>al 52% de D                | Pica electrodo de tensión<br>al 62% de D | Pica electrodo de tensión<br>al 72% de D |                            |
| Pozo N° 1:                       | 3.36  | 3.34                                     | 3.39                                     | 3.36                       |
| Pozo N° 2:                       | 3.34  | 3.35                                     | 3.36                                     | 3.36                       |
| Pozo N° 3:                       |   |  |  |                            |

|   |  |        |  |
|---|--|--------|--|
| FECHA DE TOMA :                           | 22.12.2018   |        |  |
| Observaciones y comentarios<br>Generales: | Se realizó la medición en los 3 pozos de tierra:<br>Obteniendo valores aceptables < 5 $\Omega$ |        |  |
| Resultado aceptable                       | SI   | x      | NO   |
| Medida tomado por :                       | Compañía:  | Fecha: | <br>GABRIEL BENITES LAZO<br>INGENIERO CIVIL<br>Reg. CIP N° 102476 |

REPORTE FOTOGRAFICO DE LA MEDICION SPAT

**HABAS HORCO**

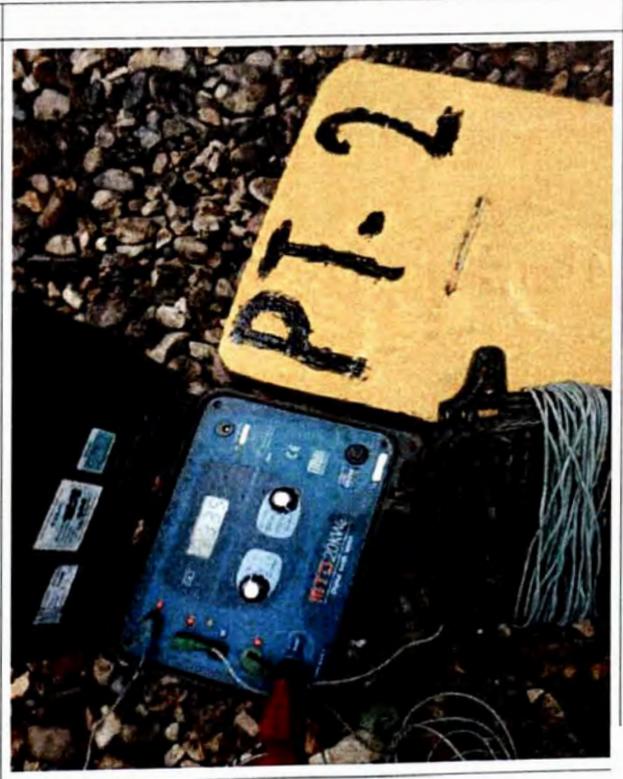
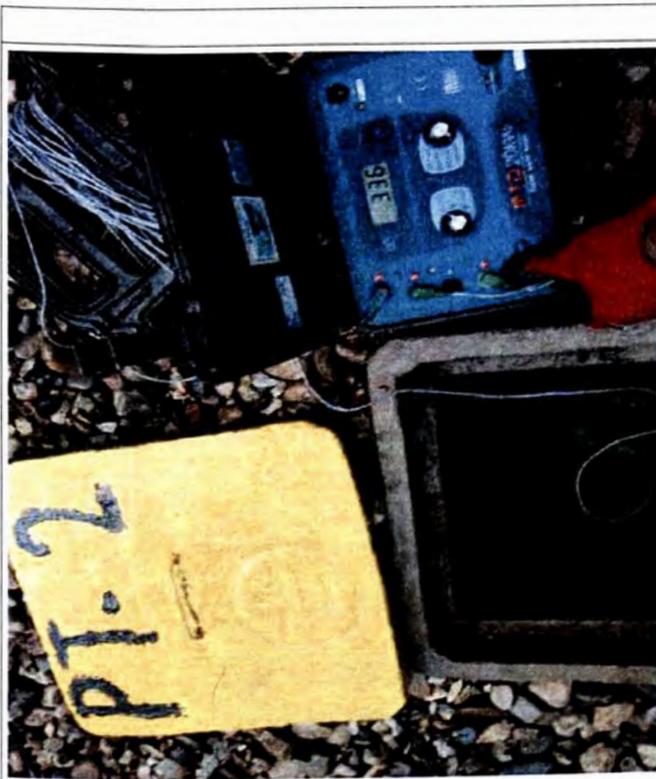
1. FOTOS DE LAS LECTURAS POZO 1



REPORTE FOTOGRAFICO DE LA MEDICION SPAT

**HABAS HORCO**

2. FOTOS DE LAS LECTURAS POZO 2



**IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS**

| CONSTRUCCION DE ESTACIONES BASE CELULAR |  |   |   |  |   |   |                  |                             |  |  |  |  |             |                              |
|---|--|---|---|--|---|---|------------------|-----------------------------|--|--|--|--|-------------|------------------------------|
| N°                                      | PROCESO  | ACTIVIDAD                                 | TAREA   | PELIGRO<br>¿QUE ME PUEDE DAÑAR?  | CONSECUENCIA/RIESGO<br>¿QUÉ PUEDE PASAR?                                    | EVALUACIÓN DE RIESGO/IMPACTO<br>D.S.O.S. 2013 TR- Anexo 03                              |                  |                             | RIESGO<br>BASE<br>C: Crítico<br>A: Alto<br>M: Medio<br>B: Bajo   | MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR<br>¿QUÉ MAS NECESITO? | 2da<br>Evaluación<br>P x S   | RIESGO<br>RESIDUAL<br>C: Crítico<br>A: Alto<br>M: Medio<br>B: Bajo | RESPONSABLE |                              |
|   |  |   |   |  |   | MEDIDAS DE CONTROL EXISTENTES<br>¿QUÉ HAGO ANTE EL RIESGO?                              |                  |                             |  |  |  |  |             |                              |
|   |  |   |   |  |   | PROBABILIDAD<br>(P)   | SEVERIDAD<br>(S) | 1era<br>Evaluación<br>P x S |  |  |  |  |             |                              |
| 1                                       | OBRAS PRELIMINARES   | ENTREGA DE TERRENO                        | Entrega formal de terreno al personal operativo y/o contratista | Superficie resbaladiza, irregular, obstáculos en el piso                   | Caidas al mismo nivel   | (MED) Acta de entrega de terreno  | 4                | 2                           | 8  | M  | (FUE) Orden y limpieza<br>(MED) Formato de Acta de entrega de terreno.<br>(REC) Uso de EPP Básico                      | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  | LIMPIEZA Y REUBICACIÓN                    | Retirar malezas, sembríos, agregados, materiales                | Objetos materiales   | Golpes, cortes  | (MED) Acta de entrega de terreno, Reporte de Avance de obra.<br>(REC) Uso de EPP Básico | 3                | 2                           | 6  | M  | (FUE) Limpieza del área, retiro de excedentes<br>(MED) Inspección de área y EPP básico                                 | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Desmontaje de estructuras livianas existentes                   | Estructuras livianas, Objetos almacenados en altura                        | Golpes por caída de objeto  | (FUE) Inspección previa de estructuras livianas   | 4                | 2                           | 8  | M  | (FUE) Inspección y limpieza de área  | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  | TRAZO Y REPLANTEO                         | Ubicar en el terreno el perímetro y ubicación de estructuras    | Superficie resbaladiza, irregular, obstáculos en el piso                   | Caidas al mismo nivel   | (FUE) Revisión de Planos<br>(MED) Informe de avance                                     | 3                | 2                           | 6  | M  | (FUE) Inspección y limpieza de área  | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  | CONSTRUCCIÓN DE MURETE                    | Construcción de murete para el nicho de medidor.                | Polvo (material particulado)<br>Sustancia química (cemento)                | Irritación, Intoxicación, neumoconiosis                                     | (REC) Uso de EPP Básico   | 3                | 2                           | 6  | M  | (MED) Inspección de AST y EPP Básico   | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  | HABILITACION DE NICHOS PARA MEDIDOR NUEVO | Habilitación del nicho para medidor nuevo.                      | Superficies punzo cortantes  | Cortes  | (REC) Uso de EPP Básico   | 3                | 2                           | 6  | M  | (MED) Inspección de AST y EPP Básico   | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
| 2                                       | OBRAS CIVILES  | DEMOLICIÓN DE MUROS Y/O LOSAS EXISTENTES  | Traslado de materiales, equipos y herramientas                  | Superficie resbaladiza, irregular, obstáculos en el piso                   | Caidas al mismo nivel   | (FUE) Orden y Limpieza  | 4                | 2                           | 8  | M  | (MED) Inspección de Herramientas, Equipos y EPP<br>(REC) Uso de EPP Básico   | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Demolición de muro y/o losas existentes.                        | Trabajo en Altura, Material proyectado, Muro                               | Caidas a distintos, afección ocular, aplastamiento                          | (MED) Uso de andamios para muros >1.50<br>(REC) Uso de lentes de seguridad              | 3                | 5                           | 15   | A  | (MED) Inspección de andamios, Arnés, Escaleras<br>(MED) Señalización del área del trabajo<br>(REC) Uso de EPP Especial | 5  | M           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  | CORTE Y/O NIVELACIÓN DE TERRENO           | Traslado de material de desmante                                | Superficie resbaladiza, irregular, obstáculos en el piso                   | Caidas al mismo nivel   | (FUE) Vías de acceso despejadas   | 3                | 2                           | 6  | M  | (MED) Vías de tránsito señalizadas   | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Corte y/o Nivelación de terreno                                 | Polvo (material particulado)   | Irritación, intoxicación, neumoconiosis                                     | (REC) Uso de respirador   | 3                | 2                           | 6  | M  | (MED) Inspección de AST y EPP Especial   | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  | CIMENTACION DE TORRE                      | Excavación  | Terreno inestable  | Desmoronamiento sobre personal, enterramiento.                              | (MED) Capacitación específica al personal<br>(REC) Uso de EPP básico y especial         | 3                | 5                           | 15   | A  | (MED) Inspección de AST, PETAR y EPP   | 5  | M           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Soldado   | Sustancias químicas  | Irritación conjuntivitis química, quemaduras                                | (FUE) Revisión del producto<br>(REC) Uso de EPP Básico y especial                       | 3                | 2                           | 6  | M  | (MED) Capacitación sobre ficha MSDS<br>(MED) Inspección de EPP básico y Especial                                       | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Armadura de la estructura de acero                              | Superficies punzo cortantes, Trabajo en caliente                           | Cortes, quemaduras, intoxicaciones  | (REC) Uso de EPP básico y Especial de soldador  | 3                | 5                           | 15   | A  | (MED) Inspección de AST y EPP Básico<br>(MED) Estándar operativo de Trabajo en Caliente                                | 5  | M           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Encofrado   | Manipulación de Herramientas, Objetos, sobreesfuerzo, posturas inadecuadas | Contusiones, golpes, distensiones musculares, lumbalgia                     | (MED) Inspección de herramientas  | 2                | 5                           | 10   | M  | (MED) Inspección de Factores de riesgo ergonómico  | 5  | M           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Vaciado de concreto   | Mezcladora, transporte de mezcla   | Equipo motorizado, partículas en proyección, sustancias químicas peligrosas | (FUE) Inspección previa del equipo<br>(MED) Vías señalizadas camino sin obstáculos      | 3                | 5                           | 15   | A  | (MED) Capacitación sobre la ficha MSDS<br>(MED) Plan de emergencia   | 5  | M           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Desencofrado  | Manipulación de Herramientas, Objetos, sobreesfuerzo, posturas inadecuadas | Contusiones, golpes, distensiones musculares, lumbalgia                     | (MED) Inspección de herramientas  | 2                | 5                           | 10   | M  | (MED) Inspección de Factores de riesgo ergonómico  | 5  | M           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Relleno y Compactación  | Compactadora   | Equipo motorizado   | (FUE) Inspección previa del equipo  | 2                | 3                           | 6  | M  | (MED) Inspección de AST y EPP Especial   | 3  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Grouting y acabados   | Sustancias químicas  | Irritación conjuntivitis química, quemaduras                                | (FUE) Revisión del producto<br>(REC) Uso de EPP Básico y especial                       | 3                | 2                           | 6  | M  | (MED) Capacitación sobre ficha MSDS<br>(MED) Inspección de EPP básico y Especial                                       | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  | LOSA DE EQUIPOS                           | Excavación  | Terreno inestable  | Desmoronamiento sobre personal, enterramiento.                              | (MED) Capacitación específica al personal<br>(REC) Uso de EPP básico y especial         | 3                | 5                           | 15   | A  | (MED) Estándar operativo de excavaciones y zanjas<br>(MED) Inspección de AST, PETAR y EPP                              | 5  | M           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |  |   | Soldado   | Sustancias químicas  | Irritación conjuntivitis química, quemaduras                                | (FUE) Revisión del producto<br>(REC) Uso de EPP Básico y especial                       | 3                | 2                           | 6  | M  | (MED) Capacitación sobre ficha MSDS<br>(MED) Inspección de EPP básico y Especial                                       | 2  | B           | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
| Armado de la estructura de acero        | Superficies punzo cortantes, Trabajo en caliente                           |   | Cortes, quemaduras, intoxicaciones                              | (REC) Uso de EPP básico y Especial de soldador                             | 3   | 5   | 15               | M                           | (MED) Inspección de AST y EPP Básico<br>(MED) Estándar operativo de Armadura de acero<br>(MED) Estándar operativo de Trabajo en Caliente | 5  | M  | Sup. Obras Civiles, Sup. SST                                       |             |                              |
| Encofrado                               | Manipulación de Herramientas, Objetos, sobreesfuerzo, posturas inadecuadas |   | Contusiones, golpes, distensiones musculares, lumbalgia         | (MED) Inspección de herramientas   | 2   | 5   | 10               | M                           | (MED) Inspección de Factores de riesgo ergonómico  | 5  | M  | Sup. Obras Civiles, Sup. SST                                       |             |                              |

|                              |   |   |   |   |  |  |   |   |    |   |  |   |                                 |                                 |
|------------------------------|---|---|---|---|--|--|---|---|----|---|--|---|---------------------------------|---------------------------------|
|                              |   | Vaciado de concreto   | Mezcladora, transporte de mezcla  | Equipo motorizado, partículas en proyección, sustancias químicas peligrosas | {FUE} Inspección previa del equipo<br>{MED} Vías señalizadas camino sin obstáculos | 3  | 5 | 15  | A  | {MED} Capacitación sobre la ficha MSDS<br>{MED} Plan de emergencia                          | 5  | M | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Desencofrado  | Manipulación de Herramientas, Objetos, sobreesfuerzo, posturas inadecuadas      | Contusiones, golpes, distensiones musculares, lumbalgia                     | {MED} Inspección de herramientas   | 2  | 5 | 10  | M  | {MED} Inspección de Factores de riesgo ergonómico   | 5  | M | Sup. Obras Civiles.<br>Sup. SST |                                 |
|                              |   | Instalación de Estructuras de protección de equipos   | Superficies punzo cortantes, Trabajo en caliente                                | Cortes, quemaduras, intoxicaciones  | {REC} Uso de EPP básico y Especial de soldador                                     | 2  | 3 | 6   | M  | {MED} Inspección de AST y EPP Básico<br>{MED} Estándar operativo de Trabajo en Caliente     | 3  | B | Sup. Obras Civiles.<br>Sup. SST |                                 |
|                              |   | Instalación de cajas de pase  | Superficies punzo cortantes   | Cortes  | {REC} Uso de EPP básico  | 3  | 2 | 6   | M  | {MED} Inspección EPP Básico   | 2  | B | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Acabados generales  | Polvo (material particulado)<br>Sustancia química (cemento)                     | Iritación, intoxicación, neumoconiosis                                      | {REC} Uso de respirador  | 3  | 2 | 6   | M  | {MED} Capacitación sobre ficha MSDS<br>{MED} Inspección de EPP básico y Especial            | 2  | B | Sup. Obras Civiles.<br>Sup. SST |                                 |
|                              | CERCO PERIMETRICO   | Excavación  | Terreno inestable   | Desmoronamiento sobre personal, enterramiento.                              | {MED} Capacitación específica al personal<br>{REC} Uso de EPP básico y especial    | 3  | 5 | 15  | A  | {MED} Inspección de AST, PETAR y EPP<br>{MED} Estándar operativo de excavaciones y zanjas   | 5  | M | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Armado de la estructura de acero  | Superficies punzo cortantes, Trabajo en caliente                                | Cortes, quemaduras, intoxicaciones  | {REC} Uso de EPP básico y Especial de soldador                                     | 3  | 5 | 15  | A  | {MED} Inspección de AST y EPP Básico<br>{MED} Estándar operativo de Trabajo en Caliente     | 5  | M | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Encofrado de estructuras (cemento corrido, Sobrecimiento armado, columnas, vigas, dinteles) | Manipulación de Herramientas, Objetos, sobreesfuerzo, posturas inadecuadas      | Contusiones, golpes, distensiones musculares, lumbalgia                     | {MED} Inspección de herramientas   | 3  | 5 | 15  | A  | {MED} Inspección de Factores de riesgo ergonómico   | 5  | M | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Vaciado de concreto (cemento corrido, Sobrecimiento armado, columnas, vigas, dinteles)      | Mezcladora, transporte de mezcla  | Equipo motorizado, partículas en proyección, sustancias químicas peligrosas | {FUE} Inspección previa del equipo<br>{MED} Vías señalizadas camino sin obstáculos | 3  | 5 | 15  | A  | {MED} Capacitación sobre la ficha MSDS<br>{MED} Plan de emergencia                          | 5  | M | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Desencofrado  | Manipulación de Herramientas, Objetos, sobreesfuerzo, posturas inadecuadas      | Contusiones, golpes, distensiones musculares, lumbalgia                     | {MED} Inspección de herramientas   | 2  | 5 | 10  | M  | {MED} Inspección de Factores de riesgo ergonómico   | 5  | M | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Construcción de muro de ladrillo y/o malla metálica   | Manipulación de Herramientas, Objetos   | Contusiones, golpes   | {MED} Inspección de herramientas   | 2  | 5 | 10  | M  | {MED} Inspección de AST   | 5  | M | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Tarrajeo interiores y exteriores (en caso aplique)  | Polvo (material particulado)<br>Sustancia química (cemento)                     | Iritación, intoxicación, neumoconiosis                                      | {REC} Uso de respirador  | 2  | 5 | 10  | M  | {MED} Inspección de EPP especial  | 5  | M | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Instalación de puerta principal.  | Superficies punzo cortantes, Trabajo en caliente                                | Cortes, quemaduras, intoxicaciones  | {REC} Uso de EPP básico y Especial de soldador                                     | 2  | 3 | 6   | M  | {MED} Inspección de AST y EPP Especial<br>{MED} Estándar operativo de Trabajo en Caliente   | 3  | B | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
|                              |   | Instalación de concertina   | Concertina, trabajo en altura.  | Cortes, caída de objetos, caída de personal                                 | {MED} Inspección de herramientas<br>{REC} Uso de EPP básico                        | 2  | 5 | 10  | M  | {MED} Inspección de Escaleras y/o andamios<br>{MED} Estándar operativo de Trabajo en altura | 5  | M | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |                                 |
| Acabados generales y pintura | Polvo (material particulado)<br>Sustancia química (cemento) | Iritación, intoxicación, neumoconiosis  | {REC} Uso de respirador   | 3   | 2  | 6  | M | {MED} Capacitación sobre ficha MSDS<br>{MED} Inspección de EPP básico y Especial          | 2  | B   | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST   |   |                                 |                                 |
| Pozo para barra MGB          | Terreno inestable   | Desmoronamiento sobre personal, enterramiento.  | {MED} Capacitación específica al personal<br>{REC} Uso de EPP básico y especial | 3   | 5  | 15   | A | {MED} Inspección de AST, PETAR y EPP<br>{MED} Estándar operativo de excavaciones y zanjas | 5  | M   | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST   |   |                                 |                                 |
| 3                            | INSTALACIONES ELECTRICAS                                    | INSTALACION DE TUBERIAS   | Instalación de tuberías por piso  | Superficie resbaladiza, irregular, obstáculos en el piso                    | Caidas al mismo nivel  | {FUE} Vías de acceso despejada   | 3 | 2   | 6  | M   | {MED} Vías de acceso señalizadas   | 2 | B                               | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |
|                              |   | CABLEADO GENERAL INTERNO  | Instalación de cables de energía.   | Energía eléctrica   | Electrocución, shock eléctrico, quemaduras   | {REC} Uso de EPP Especial dieléctrico  | 3 | 2   | 6  | M   | {MED} Estándar Operativo de Bloqueo de Energías  | 2 | B                               | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |
|                              |   | INSTALACION DE TABLEROS   | Montaje de tablero  | Superficies punzo cortantes, Trabajo en caliente                            | Cortes, quemaduras, intoxicaciones   | {REC} Uso de EPP básico y Especial de soldador                                   | 3 | 2   | 6  | M   | {MED} Inspección de AST y EPP Especial<br>{MED} Estándar Operativo de trabajo en caliente  | 2 | B                               | Sup. Obras Civiles.<br>Sup. SST |
|                              |   | INSTALACION DE LUMINARIAS   | Instalación de luminaria.   | Trabajos en altura  | Caída de objetos, caída de personal  | {MED} Inspección de herramientas<br>{REC} Uso de EPP básico                      | 3 | 5   | 15 | A   | {MED} Inspección de escaleras y/o andamios<br>{MED} Estándar Operativo de trabajos en altura<br>{MED} Estándar Operativo de Bloqueo de Energías<br>{MED} Capacitación en Riesgos Críticos. | 5 | M                               | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |
|                              |   | INSTALACION DE CABLES DE ALARMAS  | Instalación cable alarmas   | Energía eléctrica   | Shock Eléctrico, quemaduras  | {REC} Uso de EPP dieléctrico   | 3 | 2   | 6  | M   | {MED} Estándar Operativo de Bloqueo de Energías<br>{MED} Inspección de equipos de medición   | 2 | B                               | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |
|                              |   | CONEXIÓN A MEDIDOR DEL CABLEADO INTERNO   | Conexión entre medidor y tablero general  | Energía eléctrica   | Shock eléctrico, quemaduras  | {REC} Uso de EPP dieléctrico   | 3 | 5   | 15 | A   | {MED} Estándar Operativo de Bloqueo de Energías<br>{MED} Inspección de equipos de medición<br>{MED} Capacitación en Riesgos Críticos   | 5 | M                               | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |
|                              |   | PRUEBA DEL SISTEMA  | Test de prueba  | Energía eléctrica   | Electrocución, shock eléctrico, quemaduras   | Termomagnéticos, voltímetro, equipos de medición de voltaje                      | 2 | 5   | 10 | M   | {MED} Estándar Operativo de Bloqueo de Energías<br>{MED} Inspección de equipos de medición<br>{MED} Capacitación en Riesgos Críticos   | 5 | M                               | Sup. Obras Civiles.<br>Sup. SST |
| 4                            | SISTEMA DE PROTECCIÓN A TIERRA                              | EXCAVACIÓN DE POZOS Y ZANJAS  | Excavación del pozo para el SPAT y zanjas                                       | Terreno inestable, presencia de tuberías o líneas energizadas existentes    | Desmoronamiento sobre personal, enterramiento, atrapamiento, shock eléctrico       | {MED} Capacitación específica del personal<br>{REC} Uso de EPP básico y especial | 5 | 3   | 15 | A   | {MED} Inspección de AST, PETAR y EPP<br>{MED} Estándar operativo de excavaciones y zanjas<br>{REC} Inspección de EPP especial  | 5 | M                               | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |
|                              |   | RELLENO CON MATERIAL TRATADO  | Releño con material de traslado   | Sustancias químicas   | Iritación, conjuntivitis química, intoxicación                                     | {FUE} Revisión del producto<br>{REC} Uso de EPP básico y especial                | 3 | 2   | 6  | M   | {MED} Capacitación sobre ficha MSDS<br>{MED} Inspección de EPP básico y Especial   | 2 | B                               | Sup Obras Civiles.<br>Sup. SST  |

|   |                              |  |  |   |   |  |   |   |    |   |  |   |   |                              |
|---|------------------------------|--|--|---|---|--|---|---|----|---|--|---|---|------------------------------|
|   |                              | INSTALACION DE ELECTRODO                       | Instalación de barra de cobre                    | Manipulación de Barra de Cobre                                | Golpes, contusiones                             | (REC) Uso de EPP básico y especial   | 3 | 2 | 6  | M | (MED) Inspección de EPP básico   | 2 | B | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |                              | INSTALACION DE CABLE O FLEJE DE COBRE          | instalación de fleje de cobre                    | Fleje de cobre  | Golpes, cortes                                  | (REC) Uso de EPP básico y especial   | 2 | 2 | 4  | M | (MED) Inspección de EPP básico   | 2 | B | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |                              | TRATAMIENTO DEL SISTEMA                        | Tratamiento del SPAT                             | Sustancias químicas   | Irritación, conjuntivitis química, intoxicación | (FUE) Revisión del producto<br>(REC) Uso de EPP básico y especial                | 3 | 2 | 6  | M | (MED) Capacitación sobre ficha MSDS<br>(MED) Inspección de EPP básico y Especial   | 2 | B | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |                              | SOLDADURA CADWELD                              | Soldadura Cadweld de elementos.                  | Sustancias químicas   | Irritación, conjuntivitis química, intoxicación | (FUE) Revisión del producto<br>(REC) Uso de EPP básico y especial                | 3 | 2 | 6  | M | (MED) Capacitación Operativa sobre soldadura Cadweld<br>(MED) Inspección de EPP básico y Especial  | 2 | B | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |                              | ACABADOS Y MEDICION                            | Medición de del SPAT                             | Equipos y Herramientas  | Golpes, contusiones                             | (MED) Inspección de herramientas   | 2 | 2 | 4  | M | (MED) Capacitación sobre medición del SPAT   | 2 | B | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
| 5 | ESTRUCTURAS METALICAS: TORRE | FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS           | Fabricación de las estructuras metálicas         | Trabajo en caliente, energía eléctrica, herramientas de poder | Quemaduras, electrocución, shock eléctrico      | (MED) Inspección de herramientas de poder.<br>(REC) Uso de EPP básico y especial | 2 | 5 | 10 | M | (MED) Inspección de AST y EPP Especial<br>(MED) Estándar Operativo de Trabajo en caliente  | 5 | M | Sup. Montaje, Sup. SST       |
|   |                              | GALVANIZADO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS           | Galvanizado de las estructuras metálicas         | Sustancias químicas   | Irritación, conjuntivitis química, intoxicación | (FUE) Revisión de producto.<br>(REC) Uso de EPP básico y especial                | 3 | 2 | 6  | M | (MED) Capacitación sobre la ficha MSOS<br>(MED) Inspección de EPP Básico y Especial  | 2 | B | Sup. Montaje, Sup. SST       |
|   |                              | TRANSPORTE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS            | Transporte de las estructuras metálicas          | Estructuras metálicas   | Aplastamiento, contusiones, golpes.             | (MED) Inspección de las vías de acceso<br>(REC) Uso de EPPS básico y especial    | 2 | 5 | 10 | M | (MED) Inspección de Estructuras Metálicas  | 5 | M | Sup. Montaje, Sup. SST       |
|   |                              | TRANSPORTE DE EQUIPOS DE IZAJE                 | Ingreso de equipos de izaje (camión grúa o grúa) | Energía eléctrica del cableado existente en predio            | Shock eléctrico, quemaduras                     | (MED) Inspección previa de Equipos de izaje<br>(MED) Vías de acceso despejadas   | 3 | 5 | 15 | M | (FUE) Rediseño y/o redistribución del cableado frontal o aledaño al área de influencia<br>(MED) Verificación de energía cero<br>(REC) Uso de EPP dieléctrico | 5 | M | Sup. Montaje, Sup. SST       |
|   |                              | MONTAJE DE TORRE MANUAL O CON EQUIPOS DE IZAJE | Montaje de torre                                 | Cargas suspendidas  | Aplastamiento, fracturas, daño de equipos.      | (MED) Personal capacitado  | 3 | 5 | 15 | M | (MED) Estándar operativo de cargas suspendidas<br>(MED) Inspección de Equipos de izaje y accesorios  | 5 | M | Sup. Montaje, Sup. SST       |
|   |                              | MONTAJE DE SOPORTES PARA ANTENAS MW Y RF       | Montaje de soporte de antenas                    | Cargas suspendidas  | Aplastamiento, fracturas, daño de equipos.      | (MED) Personal capacitado  | 2 | 5 | 15 | M | (MED) Estándar operativo de cargas suspendidas<br>(MED) Inspección de Equipos de izaje y accesorios  | 5 | M | Sup. Montaje, Sup. SST       |
|   |                              | ESCALERILLAS VERTICALES Y PEATONALES           | Montaje de escalerillas verticales y peatonales  | Cargas suspendidas  | Aplastamiento, fracturas, daño de equipos.      | (MED) Personal capacitado  | 2 | 5 | 15 | M | (MED) Estándar operativo de cargas suspendidas<br>(MED) Inspección de Equipos de izaje y accesorios  | 5 | M | Sup. Montaje, Sup. SST       |
|   |                              | ESCALERILLA HORIZONTALES                       | Montaje de escalerillas horizontales             | Superficies punzo cortantes, Trabajo en caliente              | Cortes, quemaduras, intoxicaciones.             | (MED) Inspección de herramientas de poder<br>(REC) Uso de EPP básico y especial  | 2 | 5 | 10 | M | (MED) Inspección de AST y EPP Básico<br>(MED) Estándar operativo de Trabajo en Caliente  | 5 | B | Sup. Montaje, Sup. SST       |
|   |                              | PINTURA DE EEMM                                | Pintado de torre                                 | Sustancias químicas.  | Irritación, conjuntivitis química, intoxicación | (FUE) Revisión del producto<br>(REC) Uso de EPP básico y especial.               | 3 | 2 | 6  | M | (MED) Capacitación sobre la ficha MSOS<br>(MED) Inspección de EPP Básico y Especial  | 2 | B | Sup. Montaje, Sup. SST       |
| 6 | ACABADOS                     | PISO DE RIPIO                                  | Instalación de piso ripio                        | Vehículo móvil  | Choques, atropellos, aplastamiento              | (FUE) Revisión de material<br>(MED) Inspección de equipo móvil.                  | 2 | 5 | 10 | M | (MED) Señalización del área<br>(MED) Inspección de área y EPP  | 5 | M | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |
|   |                              | LIMPIEZA GENERAL DE OBRA                       | Retiro de material de obra excedente             | Superficie Resbaladiza, irregular, obstáculos en el piso.     | Caidas al mismo nivel                           | (MED) Acta de cierre de terreno  | 2 | 2 | 4  | M | (MED) Señalización del área<br>(MED) Inspección de área y EPP  | 2 | B | Sup. Obras Civiles, Sup. SST |

**MEMORIA DE CALCULO ZAPATA  
TAT 36m  
SITE HABAS HORCO**

**OBJETO Y DESCRIPCION GENERAL**

La presente memoria de cálculo demuestra que la zapata cuadrada propuesta cumple con las solicitaciones de carga actuantes en la estructura, verificándose todos los estados límites de servicio y resistencia en el elemento estructural. Para tales verificaciones tanto el análisis estructural y diseño de la zapata se usó el programa SAFE 2016.

**NORMAS DE DISEÑO**

Para el análisis y diseño de la zapata propuesta nos basamos en las siguientes normas:

- ACI 318-11 – Building Code Requirements for Structural Concrete
- NTP E0.60 Concreto Armado
- ASTM – American Society for Testing Materials

**PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

Concreto Armado – Zapata y Pedestales

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$   
 $E_c = 15000 \cdot \sqrt{f'c} = 217,371 \text{ kg/cm}^2$   
 $\rho_c = 2.4 \text{ Ton/m}^3$

Acero ASTM A615 Gr 60

$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_u = 6320 \text{ kg/cm}^2$   
 $E_s = 2'040,000 \text{ kg/cm}^2$

Suelo

Clasificación SUCS:  
 $\rho_s = 1.837 \text{ Ton/m}^3$   
 $k_v = 0.633 \text{ kg/cm}^3$  – Coeficiente de balasto del suelo  
 $q_{adm} = 0.75 \text{ kg/cm}^2$

**CARGAS COLOCADAS EN TORRE:**

| TIPO EQUIPO                                 | Cantidad | Diámetro (si es MW) [m] | Longitud [m] | Ancho [m] | Altura de Instalación [m] | AeV [m <sup>2</sup> ]      |
|---|----------|-------------------------|--------------|-----------|---------------------------|----------------------------|
| MW  | 1        | 1.20 m                  |              |           | 33.00 m                   | 1.13 m <sup>2</sup>        |
| MW  | 2        | 0.60 m                  |              |           | 29.00 m                   | 0.57 m <sup>2</sup>        |
| MW  | 2        | 0.60 m                  |              |           | 24.00 m                   | 0.57 m <sup>2</sup>        |
| RF  | 3        |                         | 2.60 m       | 0.55 m    | 35.60 m                   | 4.29 m <sup>2</sup>        |
| RF  | 3        |                         | 2.60 m       | 0.55 m    | 30.00 m                   | 4.29 m <sup>2</sup>        |
| RF  | 3        |                         | 2.60 m       | 0.55 m    | 25.50 m                   | 4.29 m <sup>2</sup>        |
| RRU   | 3        |                         | 0.44 m       | 0.42 m    | 33.50 m                   | 0.55 m <sup>2</sup>        |
| RRU   | 3        |                         | 0.44 m       | 0.42 m    | 28.50 m                   | 0.55 m <sup>2</sup>        |
| RRU   | 3        |                         | 0.44 m       | 0.42 m    | 24.00 m                   | 0.55 m <sup>2</sup>        |
| <b>ÁREA DE EXPOSICIÓN AL VIENTO TOTAL =</b> |          |                         |              |           |                           | <b>16.80 m<sup>2</sup></b> |

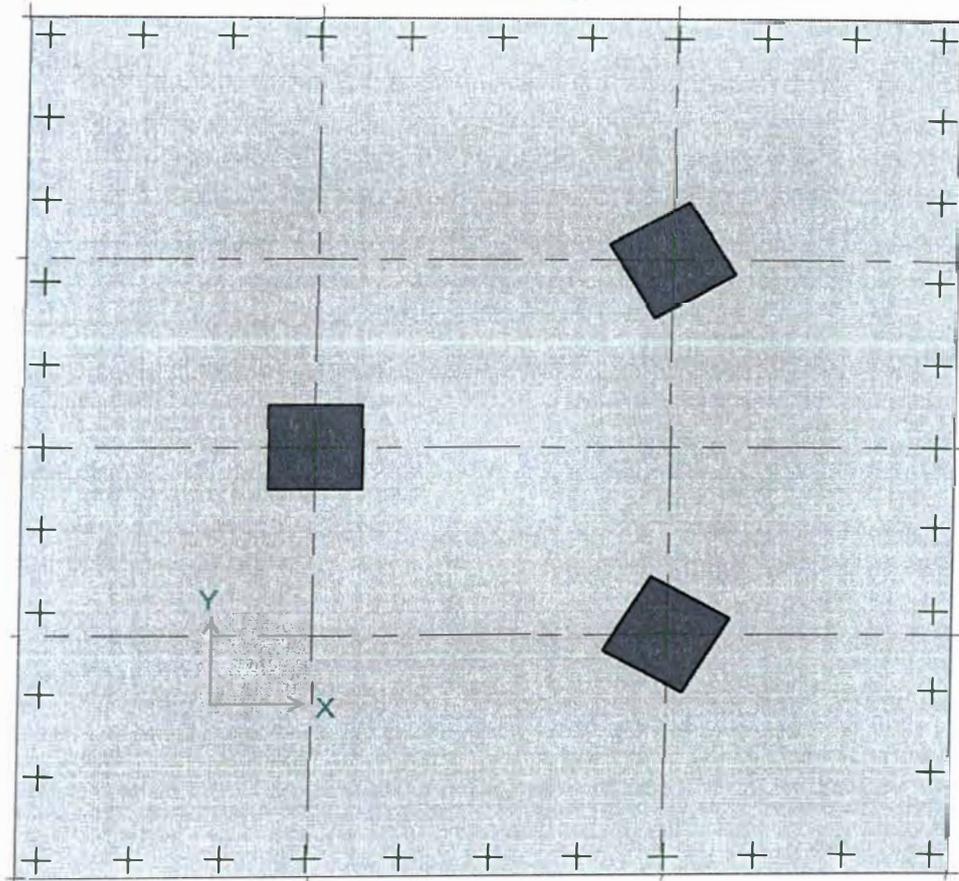
# 1. DISEÑO DE CIMENTACIONES Y PERNOS DE ANCLAJE

## GEOMETRIA DE ZAPATA

B=5.0 m

L=5.0 m

H=0.50 m



## CARGAS PARA DISEÑO

### CARGA MUERTA – D

- Peso de zapata y pedestal –  $2.4 \times (5 \times 5 \times 0.5 + 0.4 \times 0.4 \times 1.6 \times 3) = 31.84 \text{ Ton}$
- Peso de suelo sobre la zapata –  $\rho_s \times h = 1837 \times 1.3 = 2388.1 \text{ kg/m}^2$
- Peso de la torre – Dado por el análisis estructural en MStower. 63.56 KN

### CARGA VIVA – L

- Sobrecarga sobre el piso terminado = 200 kg/m<sup>2</sup>

## CARGA DE VIENTO – W

De todas las combinaciones de cargas en servicio dadas por el programa MStower, escogemos las cargas más críticas que se producen en el pedestal y que afectan de manera global a la zapata.

| CASO | NODO      | FX (kN) | FY (kN) | FZ (kN) | MX (kN-m) | MY (kN-m) | MZ (kN-m) |
|------|-----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 1400 | 1305      | -0,415  | 0,855   | 24,645  | 0,246     | 0,151     | 0         |
|      | 1315      | -0,407  | -0,85   | 23,993  | -0,238    | 0,147     | 0         |
|      | 1335      | 0,821   | -0,005  | 14,926  | 0,001     | -0,155    | 0         |
|      | Resultant | 0       | 0       | 63,564  | -0,708    | -11,789   | 0         |

|      |           |        |        |          |        |         |        |
|------|-----------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|
| 1410 | 1305      | 4,495  | -5,88  | -123,817 | -1,007 | 0,439   | -0,031 |
|      | 1315      | 4,435  | 6,245  | -131,359 | 1,031  | 0,337   | 0,03   |
|      | 1335      | 18,213 | -0,141 | 331,452  | 0,03   | -2,243  | -0,001 |
|      | Resultant | 27,144 | 0,224  | 76,276   | -8,243 | 581,591 | 0,475  |

|      |           |        |        |          |          |         |        |
|------|-----------|--------|--------|----------|----------|---------|--------|
| 1415 | 1305      | 0,045  | 1,295  | 29,081   | -0,134   | 0,92    | -0,031 |
|      | 1315      | 6,929  | 10,813 | -228,688 | 1,449    | -0,264  | 0,017  |
|      | 1335      | 14,979 | 0,491  | 275,883  | -0,48    | -1,909  | 0,016  |
|      | Resultant | 21,953 | 12,599 | 76,276   | -282,711 | 475,931 | -0,503 |

|      |           |        |        |          |          |        |        |
|------|-----------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|
| 1420 | 1305      | -4,174 | 7,83   | 172,389  | 0,802    | 1,216  | -0,024 |
|      | 1315      | 7,69   | 12,381 | -261,823 | 1,464    | -0,702 | 0,003  |
|      | 1335      | 8,949  | 0,978  | 165,71   | -0,852   | -1,182 | 0,028  |
|      | Resultant | 12,465 | 21,19  | 76,276   | -476,219 | 266,61 | -1,449 |

|      |           |        |        |          |          |        |        |
|------|-----------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|
| 1430 | 1305      | -7,522 | 12,831 | 281,968  | 1,601    | 1,275  | -0,013 |
|      | 1315      | 6,607  | 10,938 | -227,606 | 1,058    | -0,926 | -0,012 |
|      | 1335      | 1,153  | 1,275  | 21,914   | -1,036   | -0,221 | 0,034  |
|      | Resultant | 0,238  | 25,044 | 76,276   | -558,908 | -6,562 | -2,058 |

## COMBINACIONES DE CARGA

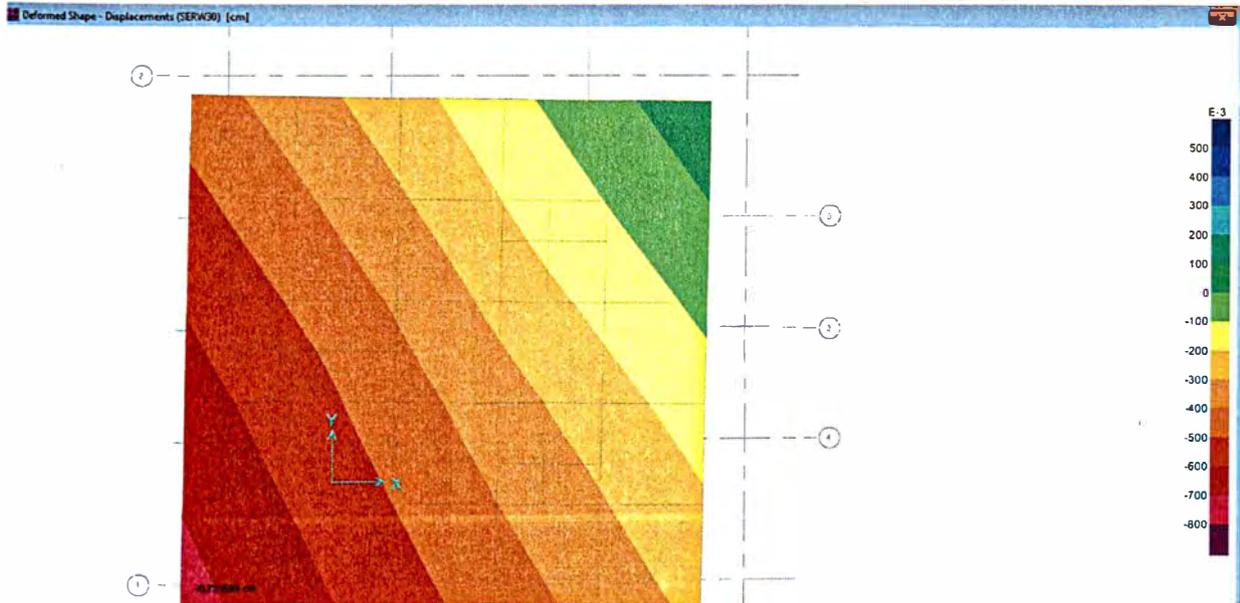
Las combinaciones de carga según la norma TIA-222-G son:

Servicio:  $1.0D + 1.0L + 1.0W_{2030}$

Resistencia:  $1.2D+1.6L+1.6W_{2000}$

## RESULTADOS:

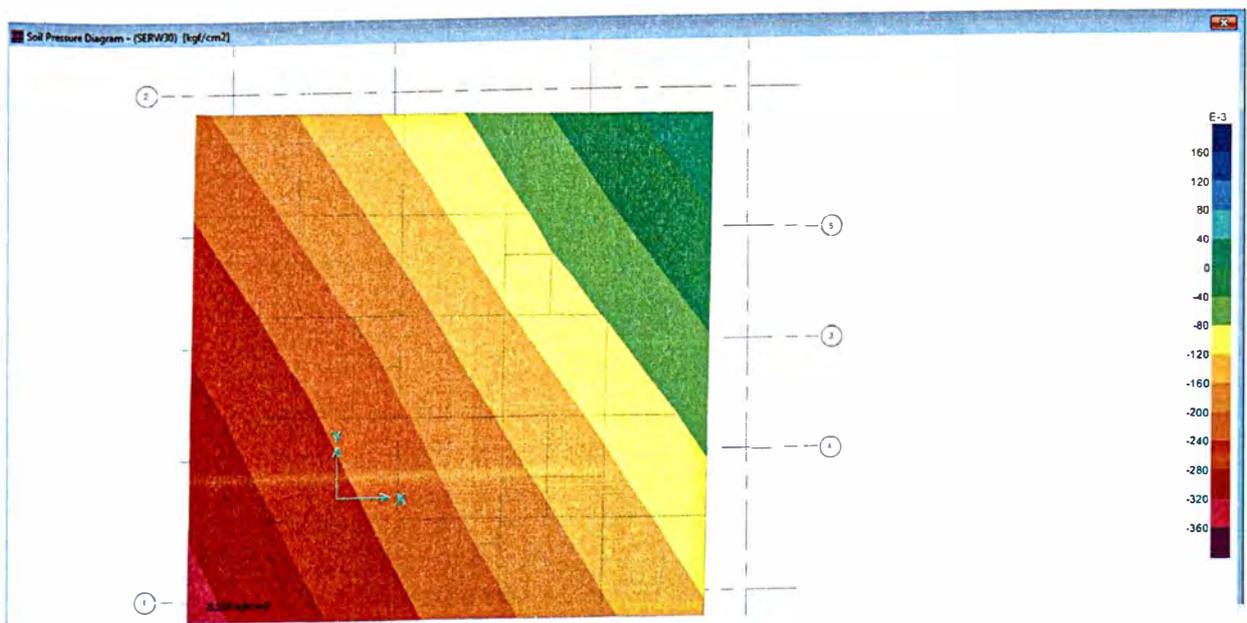
### 2. VERIFICACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS



Según el programa SAFE y usando cargas en servicio obtenemos un asentamiento inmediato de:

Con viento en dirección  $30^\circ$  del eje X,  $\Delta_{\max} = 0.731 \text{ cm} < 2.54 \text{ cm}$ ..... OK!

### VERIFICACION DE PRESIONES EN EL SUELO



Según el programa SAFE y usando cargas en servicio obtenemos una presión máxima de:

$q_{\max} = 0.333 \text{ kg/cm}^2 < 0.75 \text{ kg/cm}^2 = q_{\text{adm}}$  ..... OK!

### 3. VERIFICACION DEL VOLTEO

**DISEÑO DE ZAPATA CON 3 PEDESTALES**

**DATOS DE LA ZAPATA:**

Carga Admisible: 0,75 kg/cm<sup>2</sup>

H<sub>z</sub> (Peralte): 0,50 m

L (Ancho): 5,00 m

B (largo): 5,00 m

Distancia CG Torre: 2,87 m

**DATOS DEL PEDESTAL:**

l (Ancho): 0,40 m

b (largo): 0,40 m

altura de pedestal(hp): 1,60 m

altura de relleno (hr): 1,30 m

n° de zapatas: 3

Df: 1,80 m

Altura total (Ht): 2,10 m

Distancia Entre Pedestales: 2,20 m

**PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

f<sub>c</sub> = 210 kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>y</sub> = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

Y<sub>con</sub> (ton/m<sup>3</sup>) = 2,40 tn/m<sup>3</sup>

Y<sub>aueb</sub> (ton/m<sup>3</sup>) = 1,84 tn/m<sup>3</sup>

F<sub>S</sub>volteo = 3,76 PASA

σ<sub>1</sub> (+) = 0,70 PASA

σ<sub>2</sub> (-) = 0,08 PASA

Asentamientos:

S<sub>1</sub> = 1,54 cm PASA

S<sub>2</sub> = 0,16 cm PASA

**ENTRADA DE FUERZAS RESULTANTES**

|           | FX (kN) | FY (kN) | FZ (kN) | MX (kN-m) | MY (kN-m) | MZ (kN-m) |
|-----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| COMB 1400 | 1400    | 0,00    | 0,00    | -63,56    | 0,71      | 11,79     |
| COMB 1410 | 1410    | -27,14  | -0,22   | -76,28    | 8,24      | -581,59   |
| COMB 1415 | 1415    | -21,95  | -12,60  | -76,28    | 282,71    | -475,93   |
| COMB 1420 | 1420    | -12,47  | -21,19  | -76,28    | 476,22    | -266,61   |
| COMB 1430 | 1430    | -0,24   | -25,04  | -76,28    | 558,91    | 6,56      |
| COMB 1440 | 1440    | 13,41   | -23,27  | -76,28    | 510,77    | 306,49    |
| COMB 1445 | 1445    | 21,75   | -12,37  | -76,28    | 275,33    | 498,28    |
| COMB 1450 | 1450    | 24,58   | 0,33    | -76,28    | -10,14    | 565,77    |
| COMB 1455 | 1455    | 21,93   | 12,70   | -76,28    | -284,26   | 504,36    |
| COMB 1460 | 1460    | 13,75   | 23,42   | -76,28    | -514,11   | 317,87    |
| COMB 1470 | 1470    | 0,20    | 25,17   | -76,28    | -561,20   | 21,11     |
| COMB 1480 | 1480    | -12,11  | 21,21   | -76,28    | -475,11   | -254,90   |

**MOMENTOS ACTUANTES RESPECTO AL EJE X-X**

|           |       |
|-----------|-------|
| COMB 1400 | 0,07  |
| COMB 1410 | 0,79  |
| COMB 1415 | 26,12 |
| COMB 1420 | 44,01 |
| COMB 1430 | 51,61 |
| COMB 1440 | 47,09 |
| COMB 1445 | 25,42 |
| COMB 1450 | 0,96  |
| COMB 1455 | 26,26 |
| COMB 1460 | 47,39 |
| COMB 1470 | 51,82 |
| COMB 1480 | 43,89 |

**MOMENTOS ACTUANTES RESPECTO AL EJE Y-Y**

|           |       |
|-----------|-------|
| COMB 1400 | 1,20  |
| COMB 1410 | 65,10 |
| COMB 1415 | 53,21 |
| COMB 1420 | 29,85 |
| COMB 1430 | 0,62  |
| COMB 1440 | 34,11 |
| COMB 1445 | 55,45 |
| COMB 1450 | 62,93 |
| COMB 1455 | 56,11 |
| COMB 1460 | 35,35 |
| COMB 1470 | 2,20  |
| COMB 1480 | 28,58 |

Momento actuante = 65,10 tonf-m

**FUERZAS RESISTENTES AL VOLTEO EN EL EJE X-X**

|              | Ancho  | Largo  | Alto   | Cantidad | Peso Esp               | tonf              | Mr (tonf-m)          |
|--------------|--------|--------|--------|----------|------------------------|-------------------|----------------------|
| Zapata       | 5,00 m | 5,00 m | 0,50 m | 1,00     | 2,40 tn/m <sup>3</sup> | 30,00             | 75,00                |
| Pedestal     | 0,40 m | 0,40 m | 1,60 m | 3,00     | 2,40 tn/m <sup>3</sup> | 1,84              | 4,61                 |
| Relleno      | 5,00 m | 5,00 m | 1,30 m | 1,00     | 1,84 tn/m <sup>3</sup> | 58,56             | 146,39               |
| Torre        |        |        |        |          |                        | 6,48              | 18,60                |
| <b>TOTAL</b> |        |        |        |          |                        | <b>96,88 tonf</b> | <b>244,59 tonf-m</b> |

F.S.= 3,76 PASA

Peso Actuante 96,88 tonf

Momento actuante 65,10 tonf-m

Excentricidad 0,53 m

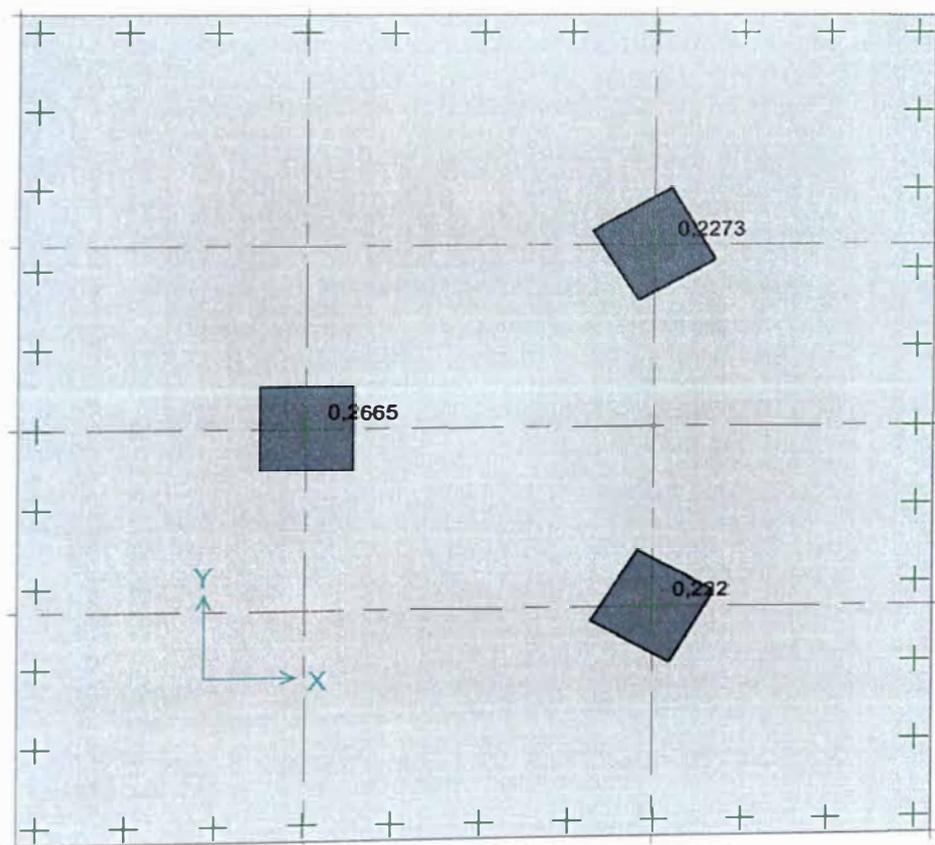
l/6 0,83 m COMPRESIONES

|                    |      |      |
|--------------------|------|------|
| σ <sub>1</sub> (+) | 0,70 | PASA |
| σ <sub>2</sub> (-) | 0,08 | PASA |

#### 4. VERIFICACION DEL PUNZONAMIENTO

Se verificara el Punzonamiento en la sección crítica, que es la superficie que debe resistir el cortante por penetración, de la zapata. El control de este parámetro en el programa SAFE se hace con la relación Demanda/Capacidad – D/C.

En el cual D es el cortante máximo factorado actuando en la sección crítica y C es la capacidad y/o resistencia de la zapata al punzonamiento calculado según el ACI 318-11.



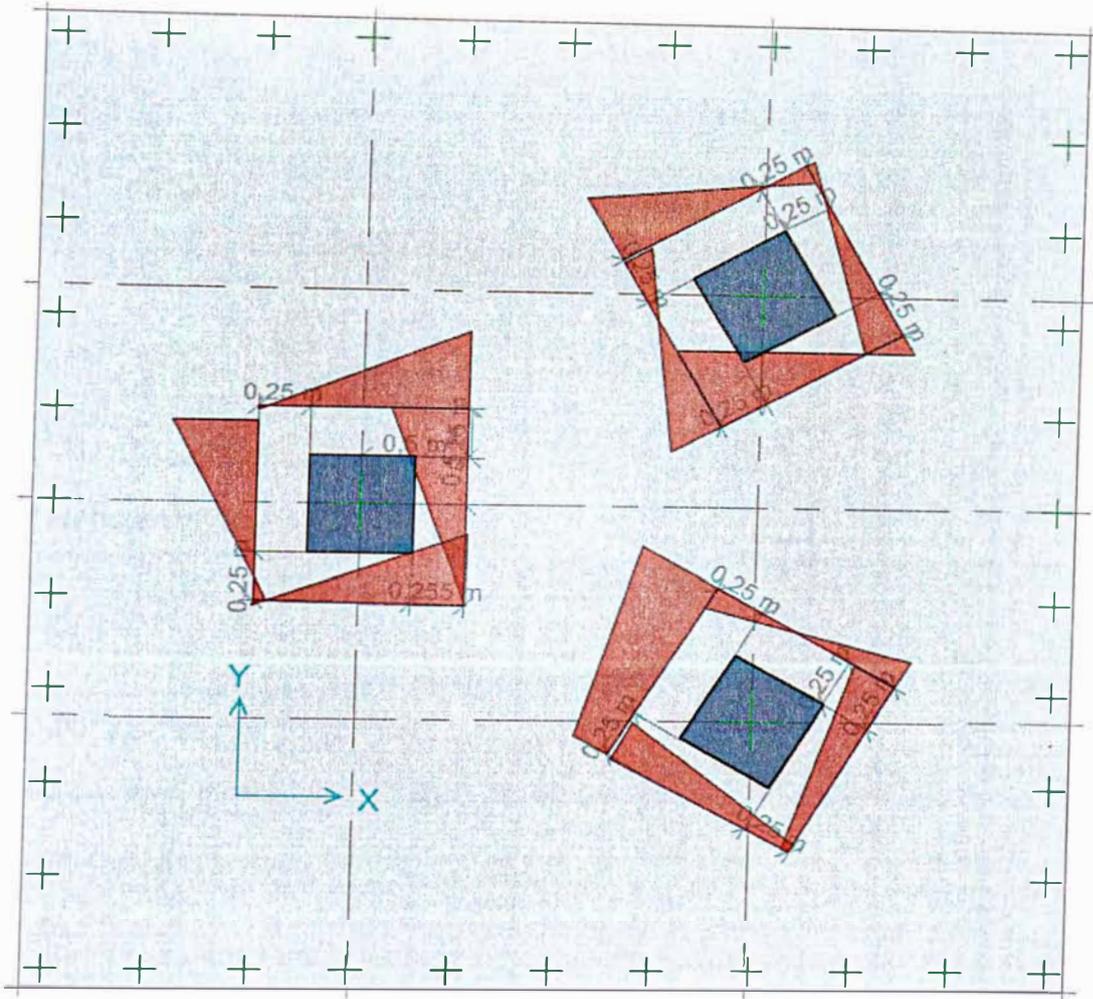
Según el programa obtenemos las siguientes relaciones D/C:

$$P1 - D/C = 0.2665 < 1 \dots\dots \text{OK!}$$

$$P1 - D/C = 0.232 < 1 \dots\dots \text{OK!}$$

$$P1 - D/C = 0.2273 < 1 \dots\dots \text{OK!}$$

## 5. VERIFICACION AL CORTE



Cortante ultima máxima:  $V_u = 10.8 \text{ Ton/m}$

Resistencia al corte de la zapata:  $\Phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times (f'_c)^{0.5} b d$

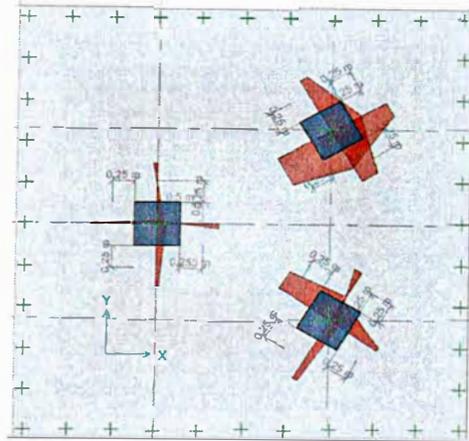
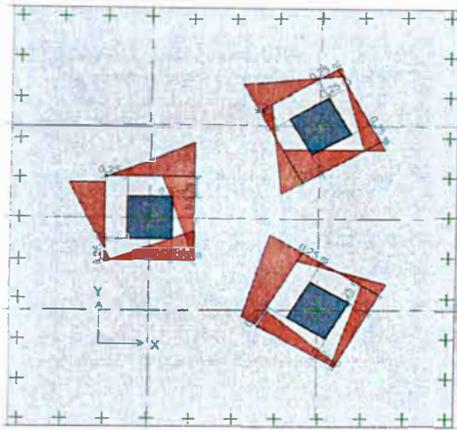
$$\Phi V_c = 32.63 \text{ Ton/m}$$

$\Phi V_c > V_u$  – Verifica – Ok!

## 6. DISEÑO DEL REFUERZO DE LA ZAPATA

Para el cálculo del refuerzo de la zapata hallaremos el momento máximo positivo y negativo último actuando en la dirección de análisis más crítica. También se verificara el refuerzo mínimo dado por un  $A_s = 0.0018bh$ .

Dirección X – X



### Diseño de Refuerzo Superior

$$Mu_{\max}^{-} = 8.15 \text{ Ton.m}$$

$$\Phi = 0.9, b = 100 \text{ cm}, d = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$$

$$As_{\min} = 0.0018 \times 100 \times 50 = 9 \text{ cm}^2$$

$$\text{Utilizando acero de } \Phi 5/8'' - Av = 1.98 \text{ cm}^2$$

Utilizamos  $\Phi 5/8'' @ 0.20 \text{ m}$  – Ambas direcciones.

$$As = 9.9 \text{ cm}^2$$

Verificación por flexión:

$$Mr = \Phi Mn = 14.48 \text{ Ton.m}$$

$$\Phi Mn > Mu_{\max}^{+} - \text{Ok!}$$

### Diseño de Refuerzo Inferior

$$Mu_{\max}^{+} = 12.07 \text{ Ton.m}$$

$$\Phi = 0.9, b = 100 \text{ cm}, d = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$$

$$As_{\min} = 0.0018 \times 100 \times 50 = 9 \text{ cm}^2$$

$$\text{Utilizando acero de } \Phi 5/8'' - Av = 1.98 \text{ cm}^2$$

Utilizamos  $\Phi 5/8'' @ 0.20 \text{ m}$  – Ambas direcciones.

$$As = 9.9 \text{ cm}^2$$

Verificación por flexión:

$$Mr = \Phi Mn = 14.48 \text{ Ton.m}$$

$$\Phi Mn > Mu_{\max}^{+} - \text{Ok!}$$

## 7. DISEÑO DE PEDESTAL

Diseño de la Sección del Pedestal

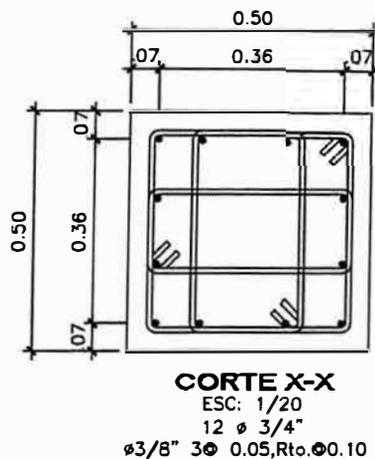
Sección propuesta: 50X50 cm

Área de la sección total,  $A_T = 2500 \text{ cm}^2$

Definimos una cuantía mínima de 1%  $\rightarrow A_s \text{ min} = 0.01 \times 2500 = 25 \text{ cm}^2$

Utilizando  $12 \Phi 3/4'' \rightarrow A_s = 12 \times 2.85 = 34.2 \text{ cm}^2$  ( $\rho = 1.36 \%$ )

Entonces definimos la siguiente sección del pedestal:



Del análisis estructural dado, calculamos los momentos generados debido a las fuerzas de reacción máximas en cada pedestal de la torre. Las cargas de compresión máximas son dadas por las fuerzas de viento generadas más el peso de la torre distribuida en cada apoyo.

### Cargas de servicio

Carga Muerta

$$P_z = 331.452 \text{ KN}$$

$$F_x = 18.213 \text{ KN (para momento)}$$

$$F_y = 0.141 \text{ KN (para momento)}$$

$$M_x = 0.2256 \text{ KN.m}$$

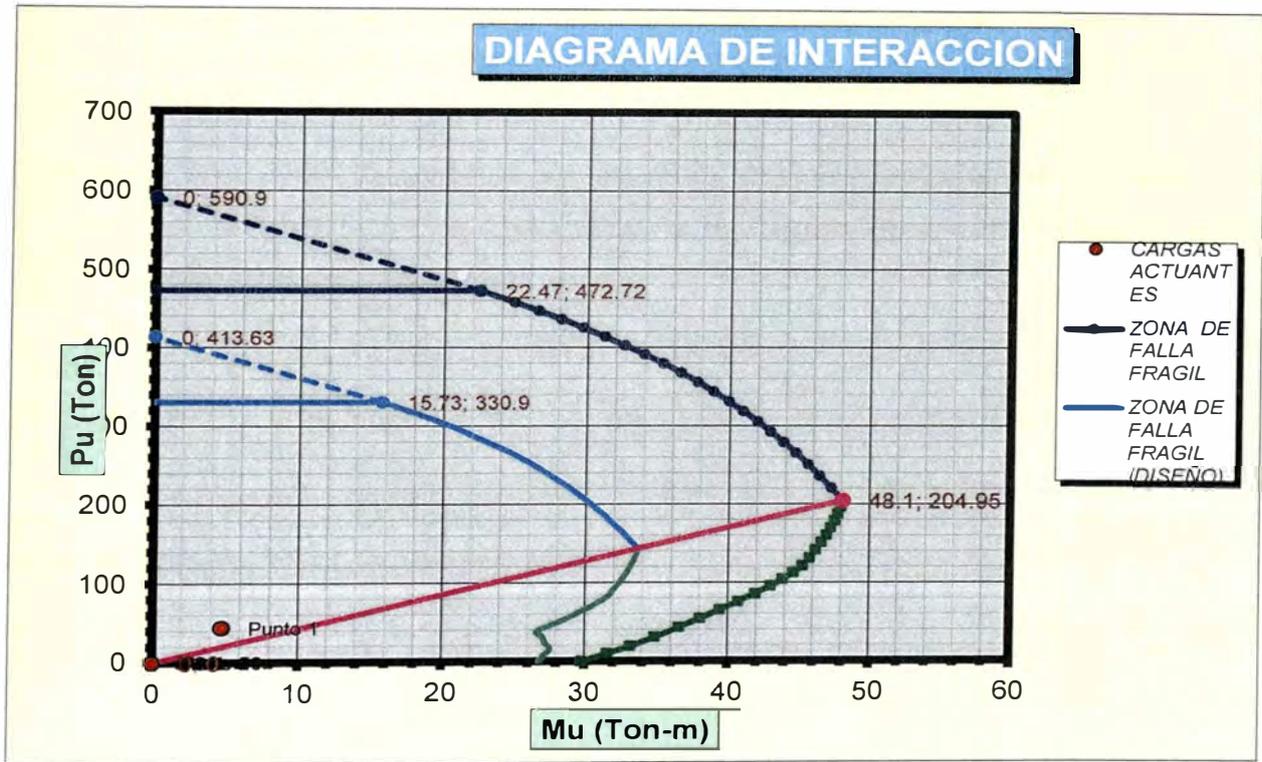
$$M_y = 29.14 \text{ KN.m -Dirección predominante}$$

### Cargas Últimas

$$P_u = 1.6 \times 331.452 = 430.88 \text{ KN} \approx 43.92 \text{ Ton}$$

$$M_u = 1.6 \times (29.14) = 46.62 \text{ KN.m} \approx 4.75 \text{ Ton.m}$$

## Calculo del Diagrama de Interacción del Pedestal



Observamos que el punto de análisis se encuentra dentro del diagrama cumpliendo los requisitos de resistencia del elemento.

## 8. VERIFICACIÓN AL CORTE DEL PEDESTAL

La resistencia al corte del pedestal viene dado por la expresión:  $\Phi V_n = \Phi (V_c + V_s)$ , donde  $V_c$  es la resistencia nominal al corte del concreto y  $V_s$  la resistencia nominal al corte del acero.

Asumiendo que todo el cortante es asumido por el concreto, tenemos  $V_s = 0$ ,  $V_c = 0.53\sqrt{f'_c}b_w d$  y el factor de reducción de resistencia es  $\Phi = 0.85$  para elementos sujetos a corte y torsión. Aplicando:

$$\Phi V_c = 16.32 \text{ ton}$$

Del análisis estructural tenemos,  $V_u = 1.6 \times F_{\max} = 1.6 \times 18.213 = 29.14 \text{ KN} \approx 2.97 \text{ Ton}$

$$V_u = 2.97 \text{ Ton} \leq \Phi V_c = 16.32 \text{ Ton}$$

Entonces usamos refuerzos transversales

$\Phi$  3/8" 3 @ 0.05, Resto @ 0.10 m ambos extremos.

## DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE

### ANÁLISIS POR CARGA DE TENSIÓN

Del análisis estructural tenemos una fuerza de tensión debida al viento:

$$T_w = 331.452 \approx 33.78 \text{ Ton}$$

$$T_u = 1.6 \times 33.78 \approx 54.05 \text{ Ton}$$

Según la cantidad de pernos de  $n = 6$   $\longrightarrow$   $T_{\text{perno}} = 54.05/6 = 9 \text{ Ton}$

Calculando la resistencia de diseño a la tensión del anclaje según el método LRFD:

$$\Phi T_n = \Phi \times 0.75 \times F_u \times A_b, \rightarrow \Phi = 0.75$$

Dónde:

$F_u$  = Esfuerzo ultimo del perno de anclaje

$A_b$  = Área de la barra de anclaje

Barra de anclaje de  $\Phi 1"$  SAE-1045 ( $F_u = 6676.87 \text{ kg/cm}^2$  -  $A_b = 5.07 \text{ cm}^2$ )

Tenemos  $\Phi T_n = 0.75 \times 0.75 \times 6676.87 \times 5.07 = 19.04 \text{ Ton} > 9.0 \text{ Ton} = T_{\text{perno}} \dots \dots \dots \text{OK!}$

## 9. DISEÑO DE PLANCHA BASE

### MEMORIA DE CALCULO - DISEÑO PARA PEQUEÑOS MOMENTOS DE PLACA BASE

Proyecto:

Versión:

0

Sector:

Especialidad:

Estructuras

Descripción del Trabajo: DISEÑO DE PLANCHABASE

#### 1. DATOS DE INGRESO:

$$D = 24,64 \text{ KN}$$

$$L = 524 \text{ KN}$$

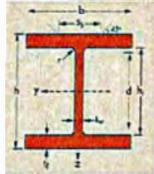
$$Md = 0,246 \text{ KN.m}$$

$$MI = 2,24 \text{ KN.m}$$

$$f'c = 3 \text{ ksi}$$

$$fy = 36 \text{ ksi}$$

$$A_2/A_1 = 2$$



$$D = 5,54 \text{ kips}$$

$$L = 117,80 \text{ kips}$$

$$Md = 2,17 \text{ kip-in}$$

$$MI = 19,78 \text{ kip-in}$$

| LRFD                           |           |
|--------------------------------|-----------|
| $P_u = 1.2(5,53) + 1.3(117,)$  |           |
|                                | 160 kips  |
| $M_u = 1.2(2,171) + 1.3(19,7)$ |           |
|                                | 28 kip-in |

#### 2) Elegimos NxB

$$N = 35 \text{ cm}$$

$$B = 35 \text{ cm}$$

$$N = 13,78 \text{ in}$$

$$B = 13,78 \text{ in}$$

#### 3) Determinamos e y e\_crit

| LRFD   |  |
|--|--|
| $e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{28 \text{ kip-in}}{160 \text{ kips}} = 0,18 \text{ in}$ |  |
| $f_p(\max) = 0,65(0,85f_c) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} =$                                 |  |
| $= 0,65(0,85)(3)(2)$   |  |
| $= 3,32 \text{ ksi}$   |  |
| $q(\max) = f_p(\max) \times B$   |  |
| $= (3,315)(13,7795)$   |  |
| $= 45,7 \text{ kips/in}$   |  |
| $e_{(crit)} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2q_{\max}}$                                   |  |
| $= 1/2[13,78 - 159,79/45,7]$   |  |
| $= 5,14 \text{ in}$  |  |

dado que

$$e = 0,18 \text{ in}$$

$$e_{crit} = 5,14 \text{ in}$$

ok

4) Determinamos la longitud de modo

$$Y = N - 2e$$
$$13,78 - (2)(0,2) = 13,4 \text{ in}$$

verificamos las presiones

| LRFD                  |   |
|-----------------------|---|
| $q = \frac{P_u}{Y} =$ | $159,79 \text{ kips}/13,43 \text{ in}$          |
|                       | $11,9 \text{ kips/in.} < 45,7 = q_{\text{max}}$ |
|                       | <b>ok</b>                                       |

5) Determinamos el espesor mínimo de la plancha

$$m = 3,9 \text{ in} \quad 100,00 \text{ mm}$$

| LRFD                     |  |
|--------------------------|--|
| $f_p = \frac{P_u}{BY} =$ | $\frac{160 \text{ kips}}{(13,78)(13,43)} = 0,86 \text{ ksi}$ |

El mínimo espesor de plancha podría ser calculado por la ecuación:

$$t_{p(\text{req})} = 1,5m \sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$$

| LRFD  |  |
|---|--|
| $t_{p(\text{req})} = (1,5)(3,94)\sqrt{(0,86/36)}$ |  |
| $= 0,91 \text{ in}$                               |  |

chequeamos el espesor usado para "n"

$$n = 3,9 \text{ in} \quad 100,00 \text{ mm}$$

| LRFD  |  |
|---|--|
| $t_{p(\text{req})} = (1,5)(3,94)\sqrt{(0,86/36)}$ |  |
| $= 0,91 \text{ in}$                               |  |

1,463595461

Tomemos como espesor=

$$e = 2,0 \text{ in}$$

**Utilizar Plancha de 350mmX350mm de 1"**



# VERIFICACION DE LONGITUD DE DESARROLLO A TRACCION Y COMPRESION

|   |                |  |                                |
|---|----------------|--|--------------------------------|
|  |                | <b>METALES INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC</b><br><b>VERIFICACION - LONGITUD DE DESARROLLO</b> |                                |
| <b>VERIFICACION DE LONGITUD DE DESARROLLO A TRACCION Y COMPRESION</b>             |                |  |                                |
| SOLICITANTE   |                |  |                                |
| PROYECTO  | HORCO- TAT 36M |  |                                |
| UBICACIÓN   | HORCO          |  |                                |
| TIPO  | ZAPATA         |  |                                |
| FECHA   | 18/06/2018     | REALIZADO  |                                |
|   |                | REVISADO   |                                |
| <b>DATOS GENERALES DE VERIFICACION</b>  |                |  |                                |
| <b>MATERIALES</b>   |                |  |                                |
| Concreto  | $f_c$          | 210  | kg/cm <sup>2</sup>             |
| Refuerzo ASTM A615 Gr 60  | $f_y$          | 4200   | kg/cm <sup>2</sup>             |
| Diametro de varilla de refuerzo -3/4"   | $d_b$          | 1,91   | cm                             |
| <b>FACTOR DE MODIFICACION DE LONGITUDES DE DESARROLLO</b>                         |                |  |                                |
| Barra sin tratamiento superficial   | $\psi_e$       | 1  |                                |
| Concreto de peso normal   | $\lambda$      | 1  |                                |
| <b>CALCULO DE LONGITUD DE DESARROLLO DE GANCHOS ESTANDAR EN TRACCION</b>          |                |  |                                |
| Longitud de desarrollo a traccion utilizado                                       | $l_{du}$       | 42,0   | cm                             |
| Calculo de longitud de desarrollo   | $l_{dg}$       | $\left( \frac{0.075 \psi_e \lambda f_y}{\sqrt{f'_c}} \right) d_b$                            | Según ACI 318 -14 Cap 18.8.5.1 |
|   | $l_{dg}$       | 32,46  | cm                             |
| Verificacion  |                | Longitud de desarrollo adecuada - OK   |                                |
| <b>CALCULO DE LONGITUD DE DESARROLLO A COMPRESION</b>                             |                |  |                                |
| Longitud de desarrollo a compresion utilizado                                     | $l_{dcu}$      | 42,0   | cm                             |
| Calculo de longitud de desarrollo   | $l_{dc1}$      | $(0.075 f_y / \sqrt{f'_c}) d_b$  | Según ACI 318 -14 Cap 25.4.9.2 |
|   | $l_{dc1}$      | 41,41  | cm                             |
|   | $l_{dc2}$      | $(0.0044 f_y) d_b$   |                                |
|   | $l_{dc2}$      | 35,2   | cm                             |
| Tomando el mayor valor  |                |  |                                |
|   | $l_{bc}$       | 41,41  | cm                             |
| Verificacion  |                | Longitud de desarrollo adecuada - OK   |                                |
| <b>LONGITUD DE DESARROLLO</b>   |                |  |                                |
|   | $l_{du}$       | 42,0   | cm                             |
|   | $H_{min}$      | 49   | cm                             |

Verificando la longitud de desarrollo  $h=50\text{cm} > 49\text{ cm (min)}$ . OK

## 10. CONCLUSIONES

1. Los pernos de anclaje requeridos son de diámetro 1" SAE 1045 y de longitud de embebida de 90cm.
2. La zapata de la TAT 36m cumple con los requisitos de servicio y resistencia dados por las normas TIA 222-G-addendum 2 (2009) y NTP E.060 Concreto armado. Verificando satisfactoriamente los estados límites de servicio como presión admisible en el suelo, asentamientos inmediatos de la zapata y estabilidad por volteo. En el estado límite de resistencia la zapata presenta adecuada resistencia al punzonamiento, corte, flexión y el pedestal cumple la verificación a flexo compresión dado por su diagrama de interacción y al corte. En resumen tenemos:

### Servicio

$$\Delta \text{ máx.} = 0.731 \text{ cm} < 2.54 \text{ cm}$$

$$q \text{ máx.} = 0.333 \text{ kg/cm}^2 < 1.143 \text{ kg/cm}^2$$

Caso para vientos

$$FS \text{ volteo} = 3.76 > 1.5$$

### Resistencia al Punzonamiento de la Zapata

$$P1 - D/C = 0.2665 < 1 \dots\dots \text{OK!}$$

$$P1 - D/C = 0.232 < 1 \dots\dots \text{OK!}$$

$$P1 - D/C = 0.2273 < 1 \dots\dots \text{OK!}$$

### Resistencia al Corte de la Zapata

$$\Phi V_c = 32.63 \text{ Ton} > V_u = 10.8 \text{ Ton}$$

### Resistencia a la flexión

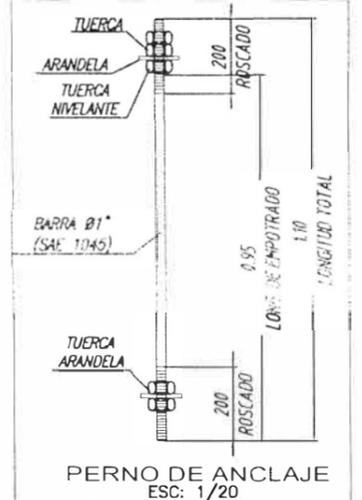
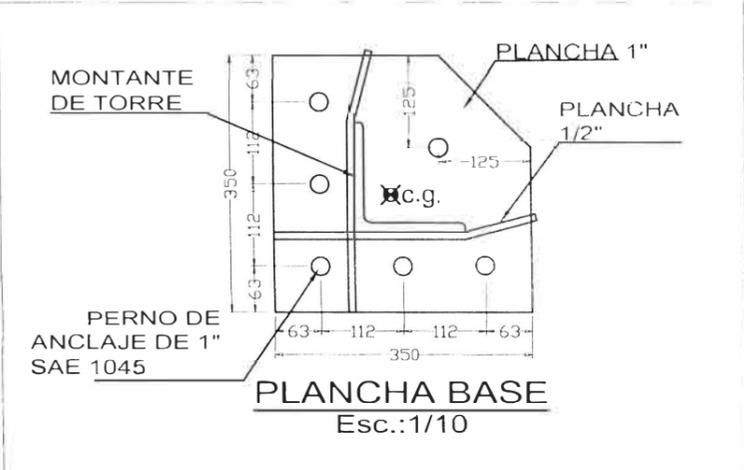
$$\Phi M_n^- = 14.48 \text{ Ton.m} > M_u = 8.15 \text{ Ton.m} \text{ (negativo)}$$

$$\Phi M_n^+ = 14.48 \text{ Ton.m} > M_u = 12.07 \text{ Ton.m} \text{ (positivo)}$$

La Zapata posee una distribución del refuerzo de  $\Phi 5/8'' @ 0.20 \text{ m}$  para el acero inferior y Posee una distribución del refuerzo de  $\Phi 5/8'' @ 0.20 \text{ m}$  para el acero superior.

| TRAMO | MONTANTES     | DIAGONALES    | HORIZONTALES  | RED. DIAGONAL | RED. HORIZONTAL | ESCUADRA      | TECHO         |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| 1     | L2"x3/16"     | L1.1/2"x3/16" | L2"x3/16"     | -             | -               | -             | L1.1/2"x3/16" |
| 2     | L2"x3/16"     | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | -             | -               | -             | -             |
| 3     | L2"x3/16"     | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | -             | -               | -             | L1.1/2"x3/16" |
| 4     | L3"x1/4" (*)  | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | -             | -               | -             | -             |
| 5     | L3"x1/4" (*)  | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | -             | -               | -             | L1.1/2"x3/16" |
| 6     | L3"x1/4" (*)  | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | -             | -               | -             | -             |
| 7     | L4"x1/4" (*)  | L2"x3/16"     | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16"   | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" |
| 8     | L4"x1/4" (*)  | L2"x3/16"     | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16"   | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" |
| 9     | L4"x5/16" (*) | L2"x3/16"     | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16"   | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" |
| 10    | L4"x5/16" (*) | L2"x3/16"     | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16"   | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" |
| 11    | L4"x3/8" (*)  | L2"x3/16"     | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16"   | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" |
| 12    | L5"x3/8" (*)  | L2"x3/16"     | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16"   | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" |
| 13    | L6"x3/8" (*)  | L2"x3/16"     | L2"x2"x3/16"  | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16"   | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" |
| 14    | L6"x3/8" (*)  | L2"x3/16"     | L2"x2"x3/16"  | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16"   | L1.1/2"x3/16" | L1.1/2"x3/16" |

(\*) ESTOS PERFILES SON EN ACERO DE ALTA RESISTENCIA ASTM A 572



**ACERO ESTRUCTURAL**

- 1) Unidades en milímetros a menos que se indique lo contrario.
- 2) Perfiles y Planchas de acero laminadas en caliente ASTM A-36 (fy = 36ksi) y ASTM A-572 (fy = 50ksi)
- 3) Pernos de alta resistencia con tuercas y contratuercas, ASTM A 325 a Grado 5.
- 4) Soldadura electrodos E 70XX.
- 5) Galvanizado: Proceso de inmersión en caliente, según la norma ASTM A123.

**Perfiles y Planchas:**  
 Peso de revestimiento = 550 gr/m<sup>2</sup>.  
 Uniformidad: Mas de 06 veces.

**Pernos:**  
 Peso de revestimiento = 350 gr/m<sup>2</sup>.  
 Uniformidad: Mas de 04 veces.

**NORMA DE DISEÑO:**  
 TIA EIA 222 - C

**DISEÑO DE CARGA, CARRIER 1:**  
 • 3 RR DE 2.60M x 0.27M A Z=35.00M  
 • 3 RRU DE 0.44M x 0.30M A Z=33.50M  
 • 1 MW Ø1.20M A Z=33M

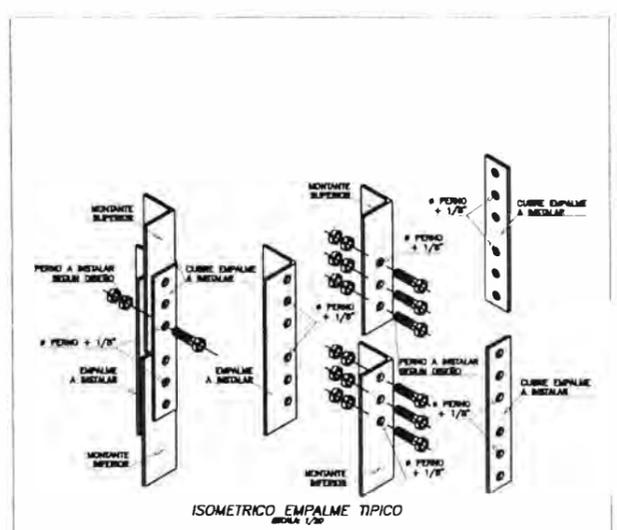
**DISEÑO DE CARGA, CARRIER 2:**  
 • 3 RR DE 2.60M x 0.27M A Z=30.00M  
 • 3 RRU DE 0.44M x 0.30M A Z=28.5M  
 • 2 MW Ø0.60M A Z=29.00M

**DISEÑO DE CARGA, CARRIER 3:**  
 • 3 RR DE 2.60M x 0.27M A Z=25.50M  
 • 3 RRU DE 0.44M x 0.30M A Z=24.00M  
 • 2 MW Ø0.60M A Z=24.00M

**VELOCIDAD:**  
 VELOCIDAD DE DISEÑO 100 km/h  
 VELOCIDAD DE OPERACION 75 km/h

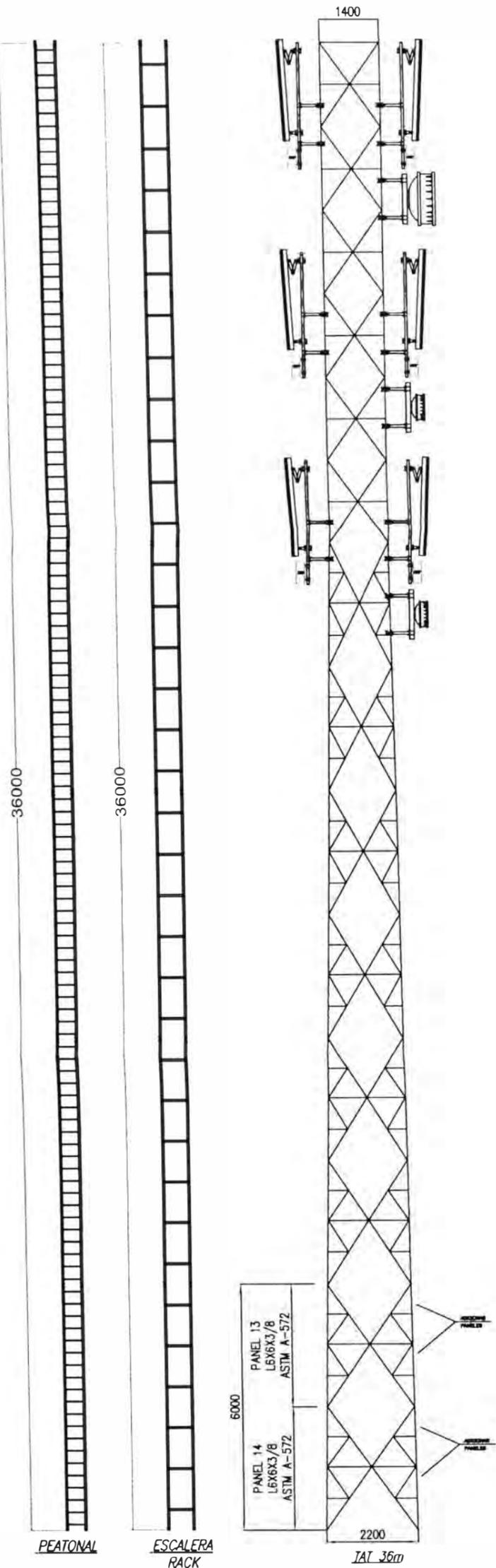
**DESPLAZAMIENTOS:**  
 DEFLEXION MAXIMA = 0.75"  
 TORSION MAXIMA = 0.30"

**NOTAS GENERALES:**  
 - Antes de la recepción de las estructuras, estas deben presentarse montadas en el taller.  
 - Todos los elementos metálicos serán galvanizados en caliente después de la fabricación y montaje en el taller.  
 - Todos los cuerpos se unirán mediante pernos con respectivas tuercas y contratuercas, se deberá dejar tres hiladas como como mínimo después de la contratuercas.



**NOTAS:**

- 1- LOS PERFILES DE LAS MONTANTES SERÁN ANGULOS LAMINADOS EN CALIENTE A 90° (ANGULOS RECTOS) FABRICADOS EN ACERO ASTM A-36.
- 2- LAS MONTANTES ESTARÁN UNIDAS A LAS BARRAS HORIZONTALES Y DIAGONALES MEDIANTE PERNOS.
- 3- TODOS LOS PERNOS LLEVARÁN TUERCA Y CONTRATUERCA.
- 4- TODOS LOS PERNOS SERAN INSTALADOS DE ARRIBA HACIA ABAJO (TUERCA HACIA ABAJO) Y DE AFUERA HACIA ADENTRO (TUERCA HACIA ADENTRO) CON EXCEPCION DE AQUELLOS CASOS DONDE ESTA POSICION CAUCE INTERFERENCIAS EN CUYO CASO LOS PERNOS SERÁN INVERTIDOS.
- 5- CUANDO SE PRODUSCAN DAÑOS A LA CAPA DE ZINC (GALVANIZADO) ESTOS SERÁN RESANADOS CONFORME A LA NORMA ASTM A780: "STANDARD PRACTICE FOR REPAIR OF DAMAGED AND UNCOATED AREAS OF HOT-DIP GALVANIZED COATINGS".



|             |          |       |             |            |                    |               |       |  |           |                  |              |             |                      |           |       |                        |                  |       |        |         |       |            |
|-------------|----------|-------|-------------|------------|--------------------|---------------|-------|--|-----------|------------------|--------------|-------------|----------------------|-----------|-------|------------------------|------------------|-------|--------|---------|-------|------------|
| PROYECTANDO | PROYECTO | ETAPA | INFORMACION | CIUDA TIPO | TIPO DE ESTRUCTURA | REVISADO POR: | FECHA | LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA | UBICACION | SITE HABAS HORCO | ESPECIALIDAD | PROFESIONAL | RESPONSABLE DE CARGA | ING. CIP. | PLANO | ELEVACION DE TAT H=36m | NUMERO DE LAMINA | IM-01 | ESCALA | INDICIA | FECHA | JUNIO 2018 |
|-------------|----------|-------|-------------|------------|--------------------|---------------|-------|--|-----------|------------------|--------------|-------------|----------------------|-----------|-------|------------------------|------------------|-------|--------|---------|-------|------------|

**DISEÑO ESTRUCTURAL  
TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR  
SITE HABAS HORCO**

**H=36m**

**Velocidad de Viento = 100 km/h**



**JUNIO 2018**

## INDICE

|     |  |  |
|-----|--|--|
| 1.  | ALCANCES.....  |  |
| 2.  | DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....                          |  |
| 3.  | NORMAS DE DISEÑO.....                                      |  |
| 4.  | MATERIALES.....  |  |
| 5.  | CRITERIOS DE DISEÑO.....                                   |  |
| 6.  | CARGAS DE DISEÑO.....                                      |  |
| 7.  | COMBINACIONES DE CARGA.....                                |  |
| 8.  | DATOS DE INGRESO AL PROGRAMA.....                          |  |
| 8.1 | GEOMETRÍA.....   |  |
| 8.2 | CARGAS DE ANTENAS.....                                     |  |
| 8.3 | CARGAS DE VIENTO.....                                      |  |
| 9.  | DISEÑO DE LA TORRE.....                                    |  |
| 9.1 | DISEÑO POR SUPERVIVENCIA: VELOCIDAD DE VIENTO 100km/h..... |  |
| 9.2 | DISEÑO POR OPERACIÓN: VELOCIDAD DE VIENTO 75.0km/h.....    |  |
| 10. | REACCIONES EN LA BASE.....                                 |  |
| 11. | DISEÑO DE CIMENTACIONES Y PERNOS DE ANCLAJE.....           |  |
| 12. | VERIFICACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS.....              |  |
| 13. | VERIFICACION DEL VOLTEO.....                               |  |
| 14. | VERIFICACION DEL PUNZONAMIENTO.....                        |  |
| 15. | VERIFICACION AL CORTE.....                                 |  |
| 16. | DISEÑO DEL REFUERZO DE LA ZAPATA.....                      |  |
| 17. | DISEÑO DE PEDESTAL.....                                    |  |
| 18. | VERIFICACIÓN AL CORTE DEL PEDESTAL.....                    |  |
| 19. | DISEÑO DE PLANCHA BASE.....                                |  |
| 20. | CONCLUSIONES.....  |  |

## BASES DE CÁLCULO Y ESTRUCTURACIÓN

### 1. ALCANCES

La presente memoria de cálculo tiene como objetivo sustentar el diseño y ampliación estructural, tanto en elementos como en geometría de una torre autosoportada de 36m de altura, que se usará para soportar cargas de antenas de telecomunicaciones.

### 2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura consta de una estructura de sección constante con un tramo recto de 12m y un tramo inclinado de 30m cuyas características generales son las siguientes:

- Numero de caras = 3
- Altura total = 36m
- Longitud de tramo recto=12m
- Longitud de tramo inclinado=30m
- Ancho en la punta=**1.40m**
- Ancho de la base = **2.20m**

### 3. NORMAS DE DISEÑO

Para el diseño y fabricación de la estructura nos basamos en Normas y Códigos Nacionales e Internacionales.

- Norma TIA/EIA 222 – G. “Structural Standards for steel antenna towers and antenna supporting structures”
- AWS D1.1 “American Welding Society”
- AISC “ American Institute of Steel Construction”

### 4. MATERIALES

Los materiales utilizados son los siguientes:

- Los perfiles que conforman la estructura de la torre son de acero ASTM A36, cuya resistencia a la fluencia es de 36 ksi (250Mpa) y acero ASTM A572 Gr. 50, cuya resistencia a la fluencia es de 50 ksi (350Mpa).
- Los perfiles usados en los elementos principales y secundarios de la estructura son perfiles angulares cuyas alas forman ángulo entre sí de 90°.
- Los pernos considerados en las conexiones de elementos principales y secundarios son del tipo Grado 5 o similar.

## 5. CRITERIOS DE DISEÑO

### 5.1. Clasificación de las estructuras.

Según la norma ANSI/TIA-222-G en el ítem 2.8.3 en la tabla 2-1 presenta la clasificación de las estructuras por clases, para nuestro caso la estructura es de clase II.

### 5.2. Categoría de exposición de la estructura.

Según la norma ANSI/TIA-222-G en el ítem 2.6.5.1, presenta la clasificación de las estructuras por categoría de exposición, para nuestro caso la estructura es categoría de exposición C.

### 5.3. Categoría topográfica de la estructura.

Según la norma ANSI/TIA-222-G en el ítem 2.6.6.2, presenta la clasificación de las estructuras por categoría topográfica, para nuestro caso la estructura es categoría topográfica 2.

### 5.4. Cargas sísmicas.

Las cargas sísmicas han sido consideradas como aceleraciones sísmicas ya que el programa Mstower trabaja con dichos parámetros. Los valores de aceleración considerados han sido tomados del mapa de Isoaceleraciones del Perú para un periodo de recurrencia de 50 años:

- $A_0/g_x = 0.45$
- $A_0/g_y = 0.45$

## 6. CARGAS DE DISEÑO

Las expresiones usadas para determinar la presión del viento son tomadas de las normas ANSI/TIA-222-G.

Las direcciones de la velocidad de viento a considerar se toman de la tabla 2-6 de la norma ANSI/TIA-222-G.

**Tabla 2-6**  
**Factores de dirección del viento**

| Sección transversal de la torre | Cuadrada |                               | Triangular |      |      |
|---------------------------------|----------|-------------------------------|------------|------|------|
|                                 | Normal   | 45°                           | Normal     | 60°  | ±90° |
| $D_r$                           | 1.0      | $1 + 0.75\epsilon$ (1.2 máx.) | 1.0        | 0.80 | 0.85 |
| $D_r$                           | 1.0      | $1 + 0.75\epsilon$ (1.2 máx.) | 1.0        | 1.0  | 1.0  |

Las direcciones del viento se miden respecto de una línea normal a la cara de la estructura.

### **Viento sobre la estructura metálica:**

La fuerza de viento de diseño,  $F_w$ , se deberá determinar de la siguiente manera:

$$F_w = F_{ST} + F_A + F_G$$

Donde:

- $F_{ST}$  = Fuerza de viento de diseño sobre la estructura de acuerdo con 2.6.9.1
- $F_A$  = Fuerza de viento de diseño sobre los accesorios de acuerdo con 2.6.9.2
- $F_G$  = Fuerza de viento de diseño sobre las riendas de acuerdo con 2.6.9.3

Antes vemos según la norma ANSI/TIA el cálculo de algunos parámetros importantes:

### **Presión dinámica**

La presión dinámica,  $q_z$ , evaluada a la altura  $z$  se deberá calcular de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.00256 K_z K_{zt} K_d V^2 I \text{ (Ib/ft}^2\text{)} = 0.613 K_z K_{zt} K_d V^2 I \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Donde:

- $K_z$  = coeficiente de presión dinámica de acuerdo con 2.6.5.2
- $K_{zt}$  = factor topográfico de acuerdo con 2.6.6.4
- $K_d$  = factor de probabilidad de la dirección del viento de acuerdo con la Tabla 2-2.
- $V$  = velocidad básica del viento para la condición de carga investigada, mph [m/s]
- $I$  = factor de importancia de acuerdo con la Tabla 2-3.

### **Factor de ráfaga.**

$$G_h = 0.85 + 0.15 \left[ \frac{h}{150} - 3.0 \right] \quad h \text{ en pies}$$

$$G_h = 0.85 + 0.15 \left[ \frac{h}{45.7} - 3.0 \right] \quad h \text{ en metros}$$

Donde:

- $h$  = Altura de la estructura.

A continuación presentamos las fuerzas de viento sobre la estructura, sobre los accesorios y sobre las riendas (cables).

### **Fuerza de viento de diseño sobre la estructura.**

La fuerza de viento de diseño,  $F_{ST}$ , aplicada a cada sección de una estructura se deberá determinar de la siguiente manera:

$$F_{st} = q_z G_h \text{ (EPA)s}$$

Donde:

- $F_{st}$  = Fuerza de viento de diseño horizontal sobre la estructura en la dirección del viento.

- $q_z$  = presión dinámica de acuerdo con 2.6.9.6.
- $G_h$  = factor de ráfaga de acuerdo con 2.6.7.
- $(EPA)_s$  = área proyectada efectiva de la estructura de acuerdo con 2.6.9.1.1 ó 2.6.9.1.2.

### **Fuerza de viento de diseño sobre los accesorios.**

La fuerza de viento de diseño sobre los accesorios (ya sean puntuales o lineales pero excluyendo las antenas de microondas),  $FA$ , se deberá determinar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$FA = q_z G_h (EPA)A$$

Donde:

- $q_z$  = presión dinámica a la altura del eje del accesorio de acuerdo con 2.6.9.6
- $G_h$  = factor de ráfaga de acuerdo con 2.6.7
- (Nota: Ver el factor de ráfaga,  $G_h$ , para el diseño por resistencia de los accesorios en 2.6.9.)
- $(EPA)A$  = área proyectada efectiva del accesorio incluyendo el hielo para las combinaciones de carga que incluyen hielo.

### **Relación de esbeltez.**

Preferentemente la relación de esbeltez,  $L/r$ , no deberá ser mayor que:

- a) 150 para los elementos de los puntales,
- b) 200 para los elementos comprimidos principales excepto los elementos de los puntales,
- c) 250 para los elementos secundarios, y
- d) 300 para los elementos traccionados, excepto para el arriostamiento y los cables de las varillas de tracción.

## **7. COMBINACIONES DE CARGA**

### **7.1. COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA**

Las estructuras y fundaciones se deberán diseñar de manera tal que su resistencia de diseño sea mayor o igual que las solicitaciones debidas a las cargas mayoradas para cada una de las siguientes combinaciones correspondientes al estado límite:

1.  $1.2 D + 1.0 D_g + 1.6 W_o$
2.  $0.9 D + 1.0 D_g + 1.6 W_o$
3.  $1.2 D + 1.0 D_g + 1.0 D_i + 1.0 W_i + 1.0 T_i$
4.  $1.2 D + 1.0 D_g + 1.0 E$
5.  $0.9 D + 1.0 D_g + 1.0 E$

Donde:

- $D$  = carga permanente de la estructura y los accesorios, excluyendo las riendas;
- $D_g$  = carga permanente de las riendas;
- $D_i$  = peso de hielo debido al espesor de hielo mayorado;

- E = carga sísmica;
- $T_i$  = solicitaciones debidas a la temperatura;
- $W_o$  = carga de viento sin hielo;
- $W_i$  = carga de viento concurrente con espesor de hielo mayorado.

NOTAS:

- a) No es necesario considerar los efectos de la temperatura para las estructuras autosoportadas.
- b) No es necesario considerar las cargas de hielo y sísmicas para las estructuras de la Clase I.
- c) No se deberá aplicar un factor de carga a la tensión inicial de las riendas.
- d) Las combinaciones 2 y 5 solamente se aplican a las estructuras autosoportadas.
- e) Para determinar las cargas sísmicas, E, en las combinaciones 4 y 5 se deberán usar las cargas permanentes no mayoradas.
- f) El cálculo de la estructura metálico, se basa fundamentalmente para fuerzas producidas por acción del viento que es la condición más desfavorable para este tipo de estructuras.

## **7.2. COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTADO LIMITE DE SERVICIO**

Las combinaciones en servicio para la estructura serán las siguientes:

$$1.0D + 1.0W_o$$

## 8. DATOS DE INGRESO AL PROGRAMA

### 8.1 GEOMETRÍA

TITL1 TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR 36 M  
TITL2 DISEÑO MIMCO  
UNITS 1

COMPONENT  
RED1  
END

PROFILE  
FACES 3  
WBASE 2.2  
RLBAS 0.0

PANEL 1 HT 2.0 TW 1.40  
FACE X LEG 101 BR1 21 H1 32  
PLAN PT2 PB1 41 PB2 41 XIP

PANEL 2 HT 2.0  
FACE XH1 LEG 101 BR1 21 H1 31

PANEL 3 HT 2.0  
FACE XH1 LEG 101 BR1 21 H1 31  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP

PANEL 4 HT 2.0  
FACE XH1 LEG 105 BR1 21 H1 31

PANEL 5 HT 2.0  
FACE XH1 LEG 105 BR1 21 H1 31  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP

PANEL 6 HT 2.0  
FACE XH1 LEG 105 BR1 21 H1 31

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

PANEL 7 HT 3.0 TW 1.40  
FACE XH3 LEG 108 BR1 23 H1 31 R1 51  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP  
\$HIP HX2 HP1 61 HP2 61 HP3 61 HP4 0 HP5 61 HP6 61 HP7 61

PANEL 8 HT 3.0  
FACE XH3 LEG 108 BR1 23 H1 31 R1 51  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP

PANEL 9 HT 3.0  
FACE XH3 LEG 109 BR1 23 H1 31 R1 51  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP

PANEL 10 HT 3.0  
FACE XH3 LEG 109 BR1 23 H1 31 R1 51 \$OK CONFORME  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP \$OK CONFORME  
\$HIP HX2 HP1 61 HP2 61 HP3 61 HP4 0 HP5 61 HP6 61 HP7 61

PANEL 11 HT 3.0  
FACE XH3 LEG 110 BR1 23 H1 31 R1 51 \$OK CONFORME  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP \$OK CONFORME  
\$HIP HX2 HP1 61 HP2 61 HP3 61 HP4 0 HP5 61 HP6 61 HP7 61

PANEL 12 HT 3.0  
FACE XH3 LEG 112 BR1 23 H1 31 \$OK TRAM08  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP \$OK CONFORME  
\$HIP HX2 HP1 61 HP2 61 HP3 61 HP4 0 HP5 61 HP6 61 HP7 61

\$=== INICIO DE LA AMPLIACION=====

PANEL 13 HT 3.0  
FACE XH3 LEG 638 BR1 23 H1 32 R1 51 R2 51 R3 51 R4 51  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP \$OK TRAMO13  
\$HIP HX2 HP1 61 HP2 61 HP3 61 HP4 0 HP5 61 HP6 61 HP7 61

PANEL 14 HT 3.0  
FACE XH3 LEG 638 BR1 23 H1 32 R1 51 R2 51 R3 51 R4 51  
PLAN PT2 PB1 0 PB2 41 XIP \$OK TRAMO13  
\$HIP HX2 HP1 61 HP2 61 HP3 61 HP4 0 HP5 61 HP6 61 HP7 61

PANEL 17 HT 3.0  
FACE @RED1

END

SECTIONS  
LIBR P:IMP IFACT 1.0

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

\$MONTANTE

=====

|     |                |          |
|-----|----------------|----------|
| 101 | EA2x2x3/16     | Y FY 250 |
| 102 | EA2.5x2.5x3/16 | Y FY 250 |
| 103 | EA2.5x2.5x3/8  | Y FY 250 |
| 104 | EA2.5x2.5x1/4  | Y FY 250 |
| 105 | EA3x3x1/4      | Y FY 345 |
| 106 | EA3x3x5/16     | Y FY 345 |
| 107 | EA3x3x3/8      | Y FY 345 |
| 108 | EA4x4x1/4      | Y FY 345 |
| 109 | EA4x4x5/16     | Y FY 345 |
| 110 | EA4x4x3/8      | Y FY 345 |
| 111 | EA4x4x1/2      | Y FY 345 |
| 112 | EA5x5x3/8      | Y FY 345 |
| 113 | EA5x5x1/2      | Y FY 345 |
| 114 | EA125x125x10   | Y FY 345 |
| 638 | EA6X6X3/8      | Y FY 345 |
| 612 | EA6X6X1/2      | Y FY 345 |

\$DIAGONAL

=====

|    |                |          |
|----|----------------|----------|
| 20 | EA1.5X1.5X1/8  | Y FY 250 |
| 21 | EA1.5x1.5x3/16 | Y FY 250 |
| 22 | EA1.5x1.5x1/4  | Y FY 250 |
| 23 | EA2x2x3/16     | Y FY 250 |
| 24 | EA2x2x1/4      | Y FY 250 |
| 25 | EA2.5x2.5x3/16 | Y FY 250 |

\$HORIZONTAL

=====

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

\$TECHO

\$=====

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

\$REDUNDANTE

\$=====

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

\$HIP

\$=====

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

END

END

## 8.2 CARGAS DE ANTENAS

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

| TIPO EQUIPO                                 | Cantidad | Diámetro (si es MW) [m] | Longitud [m] | Ancho [m] | Altura de Instalación [m] | AeV [m2]        |
|---|----------|-------------------------|--------------|-----------|---------------------------|-----------------|
| MW  | 1        | 1.20 m                  |              |           | 33.00 m                   | 1.13 m2         |
| MW  | 2        | 0.60 m                  |              |           | 29.00 m                   | 0.57 m2         |
| MW  | 2        | 0.60 m                  |              |           | 24.00 m                   | 0.57 m2         |
| RF  | 3        |                         | 2.60 m       | 0.55 m    | 35.60 m                   | 4.29 m2         |
| RF  | 3        |                         | 2.60 m       | 0.55 m    | 30.00 m                   | 4.29 m2         |
| RF  | 3        |                         | 2.60 m       | 0.55 m    | 25.50 m                   | 4.29 m2         |
| RRU   | 3        |                         | 0.44 m       | 0.42 m    | 33.50 m                   | 0.55 m2         |
| RRU   | 3        |                         | 0.44 m       | 0.42 m    | 28.50 m                   | 0.55 m2         |
| RRU   | 3        |                         | 0.44 m       | 0.42 m    | 24.00 m                   | 0.55 m2         |
| <b>ÁREA DE EXPOSICIÓN AL VIENTO TOTAL =</b> |          |                         |              |           |                           | <b>16.80 m2</b> |

- 03 Antenas RF, ubicado a 35.60m.
- 03 Antenas RF, ubicado a 30.00m
- 03 Antenas RF, ubicado a 25.50m
  
- 03 Antenas RRU, ubicado a 33.50m
- 03 Antenas RRU, ubicado a 28.50m
- 03 Antenas RRU, ubicado a 24.00m
  
- 01 Antenas MW 1.20, ubicado a 33.00m
- 02 Antenas MW 0.60, ubicado a 29.00m
- 02 Antenas MW 0.60, ubicado a 24.00m

### 8.3 CARGAS DE VIENTO

PARAMETERS

ANGN 90.0                                   \$ Angle Anti-clockwise from X axis to North  
CODE TIA222G                               \$ WIND PROFILE TO THIS CODE  
ICE RO 0.0 RW 0.0                         \$ For icing  
CLASS-G 2                                  \$ Class of tower  
TOPCAT-G 3                                 \$ Topographic category  
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

TERRAIN

ANGLE 90 TCAT 3

END

LOADS

CASE 100 Weight of tower plus ancillaries

DL

CASE 103 Earthquake

EQ GACCEL X 0.45 Y 0.0

CASE 104 Earthquake

EQ GACCEL X 0.0 Y 0.45

\$===== WIND LOAD - NO ICE =====

CASE 200 wind at 0 to X axis

WL ANGLX 0 NOICE

CASE 205 wind at 30 to X axis

WL ANGLX 30 NOICE

CASE 210 wind at 60 to X axis

WL ANGLX 60 NOICE

CASE 220 wind at 90 to X axis

WL ANGLX 90 NOICE

CASE 230 wind at 120 to X axis

WL ANGLX 120 NOICE

CASE 235 wind at 150 to X axis

WL ANGLX 150 NOICE

CASE 240 wind at 180 to X axis

WL ANGLX 180 NOICE

CASE 245 wind at 210 to X axis

WL ANGLX 210 NOICE

CASE 250 wind at 240 to X axis

WL ANGLX 240 NOICE

CASE 260 wind at 270 to X axis

WL ANGLX 270 NOICE

CASE 270 wind at 300 to X axis

WL ANGLX 300 NOICE

CASE 275 wind at 330 to X axis  
WL ANGLX 330 NOICE

§COMBINACIONES CON CARGAS MAYORADAS

§===== WIND LOAD - NO ICE, FULL WIND 1.2D+1.6Wo =====

CASE 410 CARGA: wind at 0 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 200 1.600

CASE 415 CARGA: wind at 30 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 205 1.600

CASE 420 CARGA: wind at 60 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 210 1.600

CASE 430 CARGA: wind at 90 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 220 1.600

CASE 440 CARGA: wind at 120 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 230 1.600

CASE 445 CARGA: wind at 150 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 235 1.600

CASE 450 CARGA: wind at 180 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 240 1.600

CASE 455 CARGA: wind at 210 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 245 1.600

CASE 460 CARGA: wind at 240 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 250 1.600

CASE 470 CARGA: wind at 270 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 260 1.600

CASE 480 CARGA: wind at 300 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 270 1.600

CASE 485 CARGA: wind at 330 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 275 1.600

§----- WIND LOAD - NO ICE, FULL WIND 0.9D+1.6Wo -----

CASE 411 CARGA: wind at 0 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 200 1.600

CASE 412 CARGA: wind at 30 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 205 1.600

CASE 421 CARGA: wind at 60 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 210 1.600  
CASE 431 CARGA: wind at 90 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 220 1.600  
CASE 441 CARGA: wind at 120 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 230 1.600  
CASE 442 CARGA: wind at 150 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 235 1.600  
CASE 451 CARGA: wind at 180 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 240 1.600  
CASE 452 CARGA: wind at 210 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 245 1.600  
CASE 461 CARGA: wind at 240 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 250 1.600  
CASE 471 CARGA: wind at 270 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 260 1.600  
CASE 481 CARGA: wind at 300 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 270 1.600  
CASE 482 CARGA: wind at 330 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 275 1.600

\$===== CARGA MUERTA + SISMO 1.2D+1.0E =====

CASE 800 CARGA: Earthquake at 0 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 103 1.000  
CASE 810 CARGA: Earthquake at 90 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 104 1.000

\$===== CARGA MUERTA + SISMO 0.9D+1.0E =====

CASE 801 CARGA: Earthquake at 0 to X axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 103 1.000  
CASE 811 CARGA: Earthquake at 90 to Y axis  
COMBIN 100 0.900  
COMBIN 104 1.000

\$COMBINACIONES - CARGAS DE SERVICIO  
\$=====

\$===== VIENTO + DEAD =====  
CASE 1400 Max. tower weight  
COMBIN 100 1.000

CASE 1410 CARGA: wind at 0 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 200 1.000

CASE 1415 CARGA: wind at 30 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 205 1.000

CASE 1420 CARGA: wind at 60 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 210 1.000

CASE 1430 CARGA: wind at 90 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 220 1.000

CASE 1440 CARGA: wind at 120 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 230 1.000

CASE 1445 CARGA: wind at 150 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 235 1.000

CASE 1450 CARGA: wind at 180 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 240 1.000

CASE 1455 CARGA: wind at 210 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 245 1.000

CASE 1460 CARGA: wind at 240 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 250 1.000

CASE 1470 CARGA: wind at 270 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 260 1.000

CASE 1480 CARGA: wind at 300 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 270 1.000

CASE 1485 CARGA: wind at 330 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 275 1.000

\$===== SISMO + DEAD =====  
CASE 1800 CARGA: Earthquake at 0 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 103 1.000

CASE 1810 CARGA: Earthquake at 90 to X axis  
COMBIN 100 1.200  
COMBIN 104 1.000

END

ANCILLARIES

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

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

\$ANTENAS RF

|           |    |        |    |        |    |      |     |              |     |     |       |    |
|-----------|----|--------|----|--------|----|------|-----|--------------|-----|-----|-------|----|
| SECTOR-1A | XA | 0.200  | YA | -1.000 | ZA | 35.6 | LIB | RF2.60X0.55M | ANG | 185 | TMASS | 75 |
| SECTOR-1B | XA | -1.105 | YA | -0.300 | ZA | 35.6 | LIB | RF2.60X0.55M | ANG | 255 | TMASS | 75 |
| SECTOR-1C | XA | -1.105 | YA | 0.650  | ZA | 35.6 | LIB | RF2.60X0.55M | ANG | 315 | TMASS | 75 |

\$ANTENAS RRU

SECTOR-2A XA 0.200 YA -1.000 ZA 33.5 LIB RRU0.44X0.42M ANG 185  
 SECTOR-2B XA -1.105 YA -0.300 ZA 33.5 LIB RRU0.44X0.42M ANG 255  
 SECTOR-2C XA -1.105 YA 0.650 ZA 33.5 LIB RRU0.44X0.42M ANG 315  
 MO-1 XA -1.10 YA -0.250 ZA 33 LIB SH1PR-4 ANG 215.89 TMASS 60 1.2 M

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

\$ANTENAS RF

SECTOR-1D XA -1.10 YA 0.000 ZA 30.0 LIB RF2.60X0.55M ANG 270  
 TMASS 75  
 SECTOR-1E XA 0.605 YA 0.900 ZA 30.0 LIB RF2.60X0.55M ANG 60  
 TMASS 75  
 SECTOR-1F XA 0.605 YA -0.900 ZA 30.0 LIB RF2.60X0.55M ANG 120  
 TMASS 75

\$ANTENAS RRU

SECTOR-2D XA -1.10 YA 0.000 ZA 28.5 LIB RRU0.44X0.42M ANG 270 \$  
 ATTACHMENT 1 4 24  
 SECTOR-2E XA 0.605 YA 0.900 ZA 28.5 LIB RRU0.44X0.42M ANG 60 \$  
 ATTACHMENT 1 4 24  
 SECTOR-2F XA 0.605 YA -0.900 ZA 28.5 LIB RRU0.44X0.42M ANG 120 \$  
 ATTACHMENT 1 4 24

MO-2 XA 0.605 YA 1.050 ZA 29 LIB SH1PR-2 ANG 70 TMASS 30 \$ D = 0.60  
 M  
 MO-3 XA 0.605 YA -1.050 ZA 29 LIB SH1PR-2 ANG 110 TMASS 30 \$ D =  
 0.60 M

\$-----OPERADOR 3-----

\$ANTENAS RF

SECTOR-1G XA -1.10 YA 0.000 ZA 25.5 LIB RF2.60X0.55M ANG 270  
 TMASS 75  
 SECTOR-1H XA 0.605 YA 0.900 ZA 25.5 LIB RF2.60X0.55M ANG 60  
 TMASS 75  
 SECTOR-1I XA 0.605 YA -0.900 ZA 25.5 LIB RF2.60X0.55M ANG 120  
 TMASS 75

\$ANTENAS RRU

SECTOR-2G XA -1.10 YA 0.000 ZA 24.0 LIB RRU0.44X0.42M ANG 270  
 SECTOR-2H XA 0.605 YA 0.900 ZA 24.0 LIB RRU0.44X0.42M ANG 60  
 SECTOR-2I XA 0.605 YA -0.900 ZA 24.0 LIB RRU0.44X0.42M ANG 120  
 MO-4 XA 0.605 YA 1.050 ZA 24.0 LIB SH1PR-2 ANG 70 TMASS 30 \$ D = 0.60  
 M  
 MO-5 XA 0.605 YA -1.050 ZA 24.0 LIB SH1PR-2 ANG 110 TMASS 30 \$ D =  
 0.60 M

\$Plataforma

\$=====

PLAT1 XA 0 YA 0 ZA 35.0 LIB IC-512A-N2 ANG 270 FACT 1.0  
 PLAT2 XA 0 YA 0 ZA 30.0 LIB IC-512A-N2 ANG 270 FACT 1.0  
 PLAT3 XA 0 YA 0 ZA 25.5 LIB IC-512A-N2 ANG 270 FACT 1.0  
 PLATAF1 XA 0 YA 0 ZA 9.5 LIB PLATDESC1-N ANG 0 FACT 1.0

LINEAR LIBR P:MS\_LIN.LIB \$ use LIN.LIB if library in DATA area  
LADDER1 XB 0.0 YB 0.0 ZB 0 XT 0.0 YT 0.0 ZT 35.00 LIB H-LADDER FACT 2 ANG  
0  
\$ Feeders on cable tray not entered as shrouded by cable tray.  
\$ FDR-GRPn refers to a group of linear ancillaries.  
FDR-GRP1 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 35 LIB FDR9 FACT 3 ANG 0  
FDR-GRP2 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 35 LIB FDR10 FACT 3 ANG 0  
FDR-GRP3 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 30 LIB FDR9 FACT 3 ANG 0  
FDR-GRP4 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 30 LIB FDR10 FACT 3 ANG 0  
FDR-GRP5 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 25.5 LIB FDR9 FACT 3 ANG 0  
FDR-GRP6 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 25.5 LIB FDR10 FACT 3 ANG 0  
FDR-GRP7 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 33 LIB FDR9 FACT 1 ANG 0  
FDR-GRP8 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 33 LIB FDR10 FACT 1 ANG 0  
FDR-GRP9 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 29 LIB FDR9 FACT 2 ANG 0  
FDR-GRP10 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 29 LIB FDR10 FACT 2 ANG 0  
FDR-GRP11 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 25.5 LIB FDR9 FACT 2 ANG 0  
FDR-GRP12 XB 0 YB 0 ZB 0 XT 0 YT 0 ZT 25.5 LIB FDR10 FACT 2 ANG 0  
END  
END

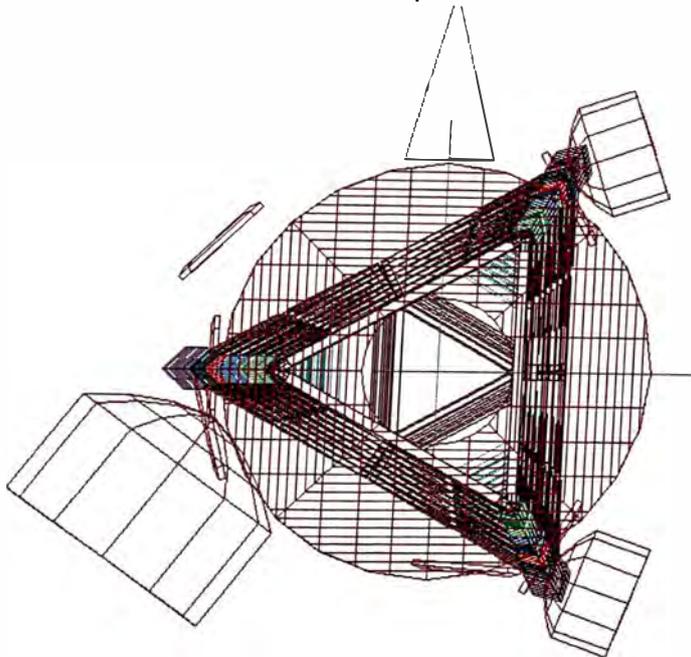
Vista de Perfil



Vista de Perfil



Vista de planta



**Figura N°1.** Vistas principales de cargas de antenas en la estructura.

## 9. DISEÑO DE LA TORRE

### 9.1 DISEÑO POR SUPERVIVENCIA: VELOCIDAD DE VIENTO 100km/h

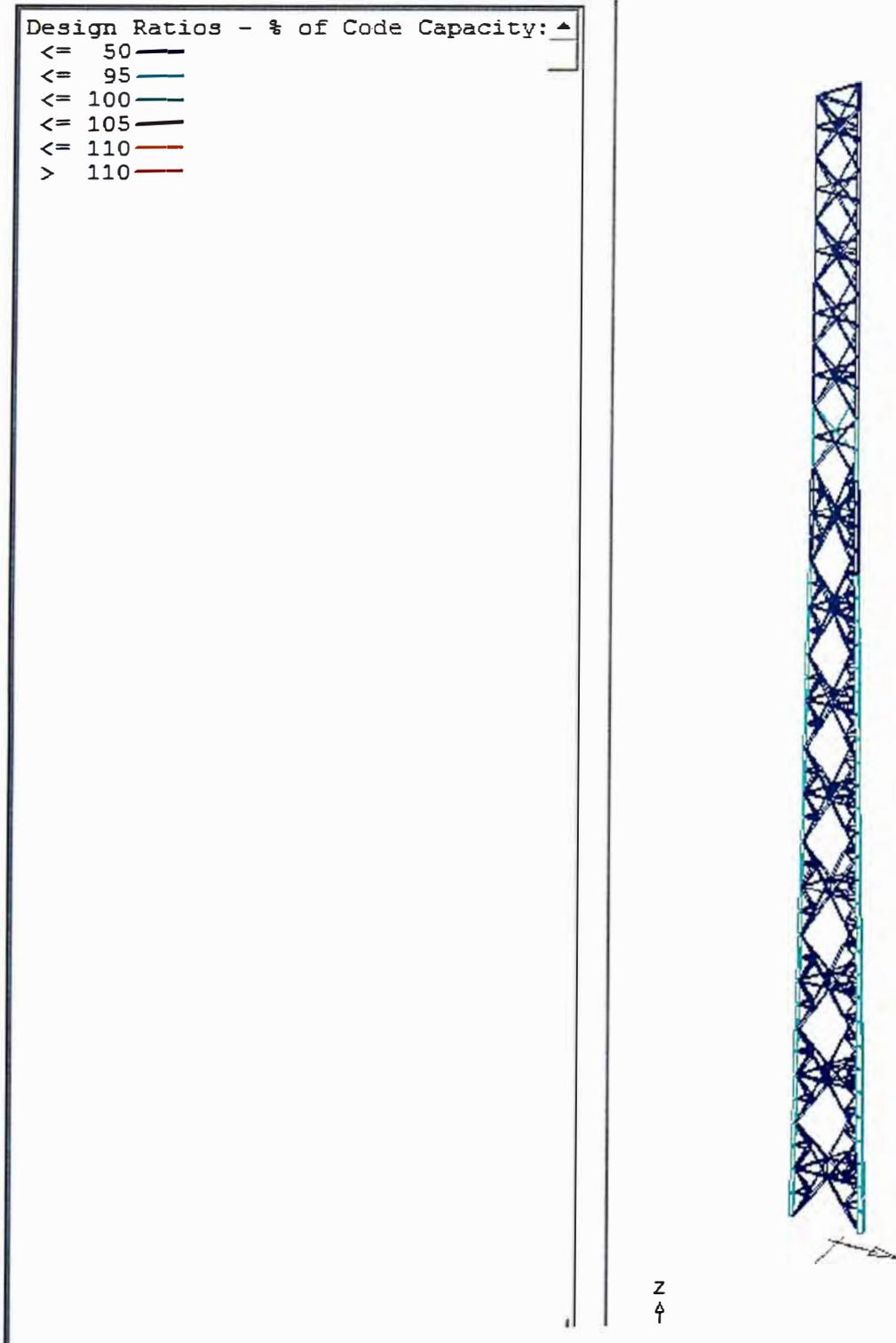


Figura N°2. Vista principal de ratios de esfuerzos en la estructura.

## 9.2 DISEÑO POR OPERACIÓN: VELOCIDAD DE VIENTO 75.0km/h

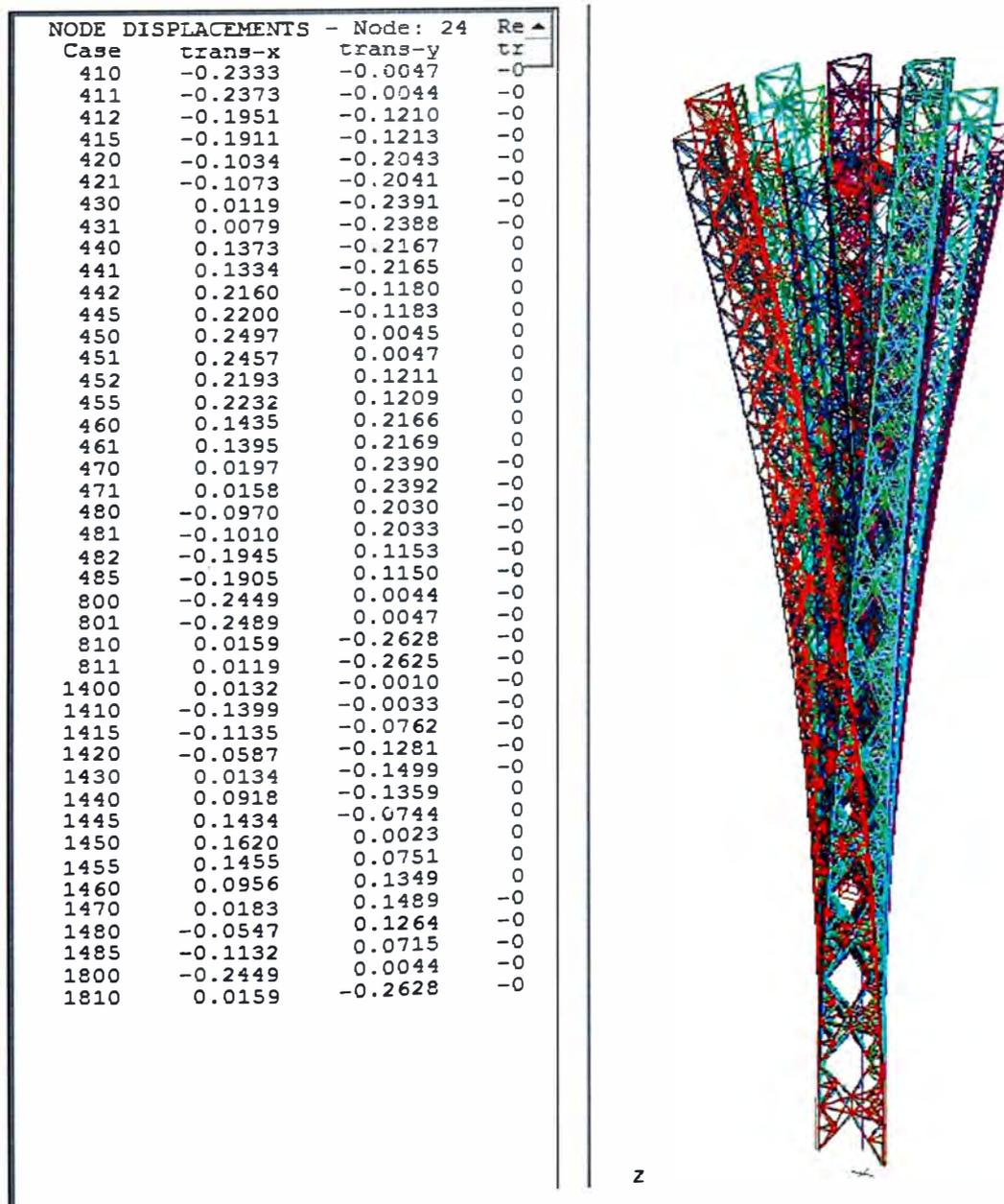


Figura N°3. Vista de desplazamientos en la parte superior de la torre.

Tabla 1.0 Desplazamiento máximo en la parte superior de la torre.

|               |         |
|---------------|---------|
| H (m)         | 40      |
| X (m)         | -0.2449 |
| Y (m)         | -0.2628 |
| Total (m)     | 0.2628  |
| Deflexión (°) | 0.376   |

| ENVELOPE OF TOWER |        |      | ROTATIONS (Degrees about global axes, 3 node plane) |      |        |      |        |
|-------------------|--------|------|---|------|--------|------|--------|
| Pt                | Height | LC   | X-Rot   | LC   | Y_Rot  | LC   | Z-Rot  |
| 1                 | 36.00  | 1430 | 0.4000  | 1450 | 0.4506 | 1470 | 0.0926 |
| 2                 | 34.00  | 1430 | 0.3985  | 1450 | 0.4487 | 1470 | 0.0873 |
| 3                 | 32.00  | 1430 | 0.3916  | 1450 | 0.4392 | 1470 | 0.0806 |
| 4                 | 30.00  | 1430 | 0.3785  | 1450 | 0.4241 | 1470 | 0.0727 |
| 5                 | 28.00  | 1430 | 0.3673  | 1450 | 0.4088 | 1470 | 0.0650 |
| 6                 | 26.00  | 1430 | 0.3497  | 1450 | 0.3868 | 1470 | 0.0574 |
| 7                 | 24.00  | 1430 | 0.3251  | 1450 | 0.3563 | 1470 | 0.0498 |
| 8                 | 21.00  | 1430 | 0.2899  | 1450 | 0.3135 | 1470 | 0.0385 |
| 9                 | 18.00  | 1430 | 0.2457  | 1450 | 0.2625 | 1470 | 0.0294 |
| 10                | 15.00  | 1430 | 0.2025  | 1450 | 0.2145 | 1470 | 0.0219 |
| 11                | 12.00  | 1470 | 0.1536  | 1450 | 0.1614 | 1470 | 0.0176 |
| 12                | 9.00   | 1470 | 0.1080  | 1450 | 0.1127 | 1470 | 0.0148 |
| 13                | 6.00   | 1470 | 0.0699  | 1450 | 0.0725 | 1470 | 0.0068 |
| 14                | 3.00   | 1470 | 0.0357  | 1450 | 0.0369 | 1470 | 0.0105 |

## 10. REACCIONES EN LA BASE

### Reacciones en la base por cargas mayoradas

dCentroid of supports:      0.000    0.000    0.000

| SUPPORT REACTIONS (Applied to tower) |      |         |         |          |          |         |        |             |
|--------------------------------------|------|---------|---------|----------|----------|---------|--------|-------------|
| Case                                 | Node | FX      | FY      | FZ       | MX       | MY      | MZ     |             |
| 410                                  | 1305 | 7.491   | -10.023 | -215.851 | -1.788   | 0.594   | -0.050 |             |
|                                      | 1315 | 7.389   | 10.603  | -227.449 | 1.821    | 0.434   | 0.047  |             |
|                                      | 1335 | 28.550  | -0.222  | 519.577  | 0.048    | -3.478  | -0.001 |             |
| Resultant                            |      | 43.430  | 0.358   | 76.276   | -12.678  | 939.034 | 0.759  | at centroid |
| 411                                  | 1305 | 7.615   | -10.279 | -223.245 | -1.862   | 0.548   | -0.050 |             |
|                                      | 1315 | 7.511   | 10.858  | -234.647 | 1.892    | 0.390   | 0.047  |             |
|                                      | 1335 | 28.304  | -0.221  | 515.099  | 0.047    | -3.432  | -0.001 |             |
| Resultant                            |      | 43.430  | 0.358   | 57.207   | -12.465  | 942.570 | 0.759  | at centroid |
| 412                                  | 1305 | 0.495   | 1.200   | 21.392   | -0.464   | 1.318   | -0.049 |             |
|                                      | 1315 | 11.501  | 18.168  | -390.373 | 2.561    | -0.573  | 0.027  |             |
|                                      | 1335 | 23.128  | 0.790   | 426.188  | -0.769   | -2.897  | 0.026  |             |
| Resultant                            |      | 35.124  | 20.158  | 57.207   | -451.615 | 773.514 | -0.805 | at centroid |
| 415                                  | 1305 | 0.371   | 1.456   | 28.786   | -0.391   | 1.363   | -0.049 |             |
|                                      | 1315 | 11.379  | 17.913  | -383.175 | 2.490    | -0.529  | 0.027  |             |
|                                      | 1335 | 23.375  | 0.789   | 430.666  | -0.769   | -2.944  | 0.026  |             |
| Resultant                            |      | 35.124  | 20.158  | 76.276   | -451.827 | 769.977 | -0.805 | at centroid |
| 420                                  | 1305 | -6.379  | 11.913  | 258.078  | 1.106    | 1.837   | -0.039 |             |
|                                      | 1315 | 12.596  | 20.422  | -436.192 | 2.513    | -1.229  | 0.004  |             |
|                                      | 1335 | 13.727  | 1.569   | 254.390  | -1.363   | -1.780  | 0.045  |             |
| Resultant                            |      | 19.943  | 33.903  | 76.276   | -761.440 | 435.064 | -2.319 | at centroid |
| 421                                  | 1305 | -6.255  | 11.656  | 250.684  | 1.032    | 1.792   | -0.038 |             |
|                                      | 1315 | 12.718  | 20.677  | -443.389 | 2.584    | -1.273  | 0.004  |             |
|                                      | 1335 | 13.480  | 1.570   | 249.912  | -1.363   | -1.734  | 0.045  |             |
| Resultant                            |      | 19.943  | 33.903  | 57.207   | -761.228 | 438.600 | -2.319 | at centroid |
| 430                                  | 1305 | -11.737 | 19.914  | 433.405  | 2.385    | 1.932   | -0.020 |             |
|                                      | 1315 | 10.864  | 18.112  | -381.444 | 1.863    | -1.587  | -0.019 |             |
|                                      | 1335 | 1.254   | 2.044   | 24.316   | -1.657   | -0.242  | 0.055  |             |
| Resultant                            |      | 0.381   | 40.070  | 76.276   | -893.742 | -2.011  | -3.292 | at centroid |

|           |      |         |         |          |          |          |                    |
|-----------|------|---------|---------|----------|----------|----------|--------------------|
| 431       | 1305 | -11.612 | 19.657  | 426.011  | 2.312    | 1.886    | -0.020             |
|           | 1315 | 10.986  | 18.367  | -388.642 | 1.935    | -1.631   | -0.019             |
|           | 1335 | 1.007   | 2.046   | 19.838   | -1.657   | -0.196   | 0.055              |
| Resultant |      | 0.381   | 40.070  | 57.207   | -893.530 | 1.525    | -3.292 at centroid |
| 440       | 1305 | -14.879 | 24.192  | 524.522  | 3.220    | 1.590    | 0.005              |
|           | 1315 | 6.035   | 10.985  | -219.995 | 0.589    | -1.579   | -0.042             |
|           | 1335 | -12.609 | 2.050   | -228.251 | -1.566   | 1.418    | 0.053              |
| Resultant |      | -21.453 | 37.226  | 76.276   | -816.725 | -481.890 | -3.254 at centroid |
| 441       | 1305 | -14.755 | 23.935  | 517.129  | 3.147    | 1.545    | 0.005              |
|           | 1315 | 6.157   | 11.240  | -227.192 | 0.660    | -1.623   | -0.042             |
|           | 1335 | -12.855 | 2.051   | -232.729 | -1.566   | 1.464    | 0.053              |
| Resultant |      | -21.453 | 37.226  | 57.207   | -816.513 | -478.354 | -3.254 at centroid |
| 442       | 1305 | -12.412 | 19.218  | 426.243  | 2.990    | 0.713    | 0.029              |
|           | 1315 | -0.958  | -0.620  | 25.271   | -0.860   | -0.929   | -0.046             |
|           | 1335 | -21.426 | 1.200   | -394.307 | -0.870   | 2.577    | 0.028              |
| Resultant |      | -34.797 | 19.799  | 57.207   | -439.811 | -785.227 | -2.301 at centroid |
| 445       | 1305 | -12.537 | 19.474  | 433.637  | 3.063    | 0.758    | 0.029              |
|           | 1315 | -1.080  | -0.874  | 32.469   | -0.932   | -0.885   | -0.046             |
|           | 1335 | -21.180 | 1.199   | -389.830 | -0.870   | 2.530    | 0.028              |
| Resultant |      | -34.797 | 19.799  | 76.276   | -440.023 | -788.763 | -2.301 at centroid |
| 450       | 1305 | -7.544  | 11.073  | 253.837  | 2.203    | -0.148   | 0.043              |
|           | 1315 | -7.668  | -11.748 | 269.140  | -2.276   | -0.008   | -0.041             |
|           | 1335 | -24.118 | 0.142   | -446.700 | -0.020   | 2.935    | 0.000              |
| Resultant |      | -39.330 | -0.533  | 76.276   | 16.740   | -896.740 | -0.470 at centroid |
| 451       | 1305 | -7.419  | 10.817  | 246.443  | 2.129    | -0.193   | 0.043              |
|           | 1315 | -7.546  | -11.493 | 261.942  | -2.205   | -0.052   | -0.041             |
|           | 1335 | -24.365 | 0.143   | -451.178 | -0.020   | 2.982    | 0.000              |
| Resultant |      | -39.330 | -0.533  | 57.207   | 16.953   | -893.203 | -0.470 at centroid |
| 452       | 1305 | -1.142  | 0.277   | 20.656   | 0.883    | -1.046   | 0.048              |
|           | 1315 | -12.313 | -19.754 | 435.996  | -3.013   | 0.841    | -0.026             |
|           | 1335 | -21.636 | -0.837  | -399.445 | 0.787    | 2.623    | -0.027             |
| Resultant |      | -35.092 | -20.314 | 57.207   | 455.531  | -794.958 | 0.977 at centroid  |
| 455       | 1305 | -1.267  | 0.533   | 28.049   | 0.957    | -1.001   | 0.048              |
|           | 1315 | -12.435 | -20.009 | 443.194  | -3.085   | 0.885    | -0.026             |
|           | 1335 | -21.390 | -0.838  | -394.967 | 0.787    | 2.576    | -0.027             |
| Resultant |      | -35.092 | -20.314 | 76.276   | 455.319  | -798.494 | 0.977 at centroid  |
| 460       | 1305 | 5.819   | -11.045 | -218.092 | -0.529   | -1.642   | 0.044              |
|           | 1315 | -14.823 | -24.613 | 532.237  | -3.248   | 1.673    | -0.004             |
|           | 1335 | -13.001 | -1.812  | -237.868 | 1.507    | 1.504    | -0.052             |
| Resultant |      | -22.005 | -37.470 | 76.276   | 823.091  | -500.106 | 2.350 at centroid  |
| 461       | 1305 | 5.943   | -11.302 | -225.486 | -0.603   | -1.687   | 0.044              |
|           | 1315 | -14.701 | -24.358 | 525.039  | -3.176   | 1.629    | -0.004             |
|           | 1335 | -13.248 | -1.810  | -242.346 | 1.507    | 1.551    | -0.052             |
| Resultant |      | -22.005 | -37.470 | 57.207   | 823.304  | -496.569 | 2.350 at centroid  |
| 470       | 1305 | 10.832  | -17.967 | -377.434 | -1.822   | -1.580   | 0.020              |
|           | 1315 | -11.908 | -20.230 | 441.685  | -2.455   | 1.951    | 0.020              |
|           | 1335 | 0.752   | -2.066  | 12.025   | 1.669    | -0.132   | -0.055             |
| Resultant |      | -0.324  | -40.264 | 76.276   | 898.423  | -25.292  | 3.364 at centroid  |
| 471       | 1305 | 10.957  | -18.224 | -384.828 | -1.896   | -1.625   | 0.020              |
|           | 1315 | -11.786 | -19.975 | 434.487  | -2.384   | 1.907    | 0.020              |

|           |        |         |          |          |         |        |             |
|-----------|--------|---------|----------|----------|---------|--------|-------------|
| 1335      | 0.505  | -2.065  | 7.547    | 1.669    | -0.086  | -0.055 |             |
| Resultant | -0.324 | -40.264 | 57.207   | 898.635  | -21.755 | 3.364  | at centroid |
| 480 1305  | 12.743 | -20.113 | -430.891 | -2.499   | -1.151  | -0.006 |             |
| 1315      | -6.690 | -11.975 | 262.671  | -1.182   | 1.781   | 0.037  |             |
| 1335      | 13.323 | -1.844  | 244.495  | 1.440    | -1.692  | -0.047 |             |
| Resultant | 19.376 | -33.932 | 76.276   | 760.677  | 416.323 | 3.323  | at centroid |
| 481 1305  | 12.867 | -20.369 | -438.284 | -2.573   | -1.196  | -0.005 |             |
| 1315      | -6.568 | -11.720 | 255.474  | -1.111   | 1.737   | 0.037  |             |
| 1335      | 13.076 | -1.842  | 240.018  | 1.440    | -1.645  | -0.047 |             |
| Resultant | 19.376 | -33.932 | 57.207   | 760.890  | 419.859 | 3.323  | at centroid |
| 482 1305  | 11.686 | -17.719 | -382.712 | -2.557   | -0.437  | -0.029 |             |
| 1315      | 0.295  | -0.784  | 14.608   | 0.460    | 1.184   | 0.047  |             |
| 1335      | 23.093 | -1.216  | 425.311  | 0.870    | -2.889  | -0.028 |             |
| Resultant | 35.074 | -19.718 | 57.207   | 435.825  | 771.853 | 2.311  | at centroid |
| 485 1305  | 11.561 | -17.463 | -375.319 | -2.484   | -0.391  | -0.029 |             |
| 1315      | 0.174  | -1.039  | 21.806   | 0.389    | 1.228   | 0.047  |             |
| 1335      | 23.339 | -1.217  | 429.789  | 0.870    | -2.936  | -0.028 |             |
| Resultant | 35.074 | -19.718 | 76.276   | 435.613  | 768.316 | 2.311  | at centroid |
| 800 1305  | 4.811  | -3.922  | -89.038  | -0.856   | 0.760   | -0.032 |             |
| 1315      | 2.586  | 5.223   | -89.820  | 0.501    | 0.124   | 0.016  |             |
| 1335      | 14.862 | -1.301  | 255.134  | 0.365    | -1.600  | -0.008 |             |
| Resultant | 22.259 | 0.000   | 76.276   | -0.850   | 436.937 | 4.903  | at centroid |
| 801 1305  | 4.935  | -4.178  | -96.431  | -0.930   | 0.715   | -0.031 |             |
| 1315      | 2.708  | 5.478   | -97.018  | 0.572    | 0.080   | 0.016  |             |
| 1335      | 14.616 | -1.300  | 250.656  | 0.365    | -1.554  | -0.008 |             |
| Resultant | 22.259 | 0.000   | 57.207   | -0.638   | 440.473 | 4.903  | at centroid |
| 810 1305  | -6.209 | 11.597  | 235.015  | 1.170    | 1.116   | -0.013 |             |
| 1315      | 5.229  | 9.570   | -176.649 | 0.588    | -0.759  | -0.012 |             |
| 1335      | 0.980  | 1.092   | 17.911   | -0.861   | -0.186  | 0.028  |             |
| Resultant | 0.000  | 22.259  | 76.276   | -451.933 | -14.146 | -0.522 | at centroid |
| 811 1305  | -6.084 | 11.340  | 227.621  | 1.096    | 1.071   | -0.013 |             |
| 1315      | 5.351  | 9.825   | -183.847 | 0.660    | -0.803  | -0.012 |             |
| 1335      | 0.734  | 1.093   | 13.433   | -0.861   | -0.140  | 0.028  |             |
| Resultant | 0.000  | 22.259  | 57.207   | -451.721 | -10.610 | -0.522 | at centroid |

### Reacciones en la base por cargas de servicio

|           |        |        |          |          |         |        |             |
|-----------|--------|--------|----------|----------|---------|--------|-------------|
| 1400 1305 | -0.415 | 0.855  | 24.645   | 0.246    | 0.151   | 0.000  |             |
| 1315      | -0.407 | -0.850 | 23.993   | -0.238   | 0.147   | 0.000  |             |
| 1335      | 0.821  | -0.005 | 14.926   | 0.001    | -0.155  | 0.000  |             |
| Resultant | 0.000  | 0.000  | 63.564   | -0.708   | -11.789 | 0.000  | at centroid |
| 1410 1305 | 4.495  | -5.880 | -123.817 | -1.007   | 0.439   | -0.031 |             |
| 1315      | 4.435  | 6.245  | -131.359 | 1.031    | 0.337   | 0.030  |             |
| 1335      | 18.213 | -0.141 | 331.452  | 0.030    | -2.243  | -0.001 |             |
| Resultant | 27.144 | 0.224  | 76.276   | -8.243   | 581.591 | 0.475  | at centroid |
| 1415 1305 | 0.045  | 1.295  | 29.081   | -0.134   | 0.920   | -0.031 |             |
| 1315      | 6.929  | 10.813 | -228.688 | 1.449    | -0.264  | 0.017  |             |
| 1335      | 14.979 | 0.491  | 275.883  | -0.480   | -1.909  | 0.016  |             |
| Resultant | 21.953 | 12.599 | 76.276   | -282.711 | 475.931 | -0.503 | at centroid |
| 1420 1305 | -4.174 | 7.830  | 172.389  | 0.802    | 1.216   | -0.024 |             |
| 1315      | 7.690  | 12.381 | -261.823 | 1.464    | -0.702  | 0.003  |             |

|           |      |         |         |          |          |          |        |             |
|-----------|------|---------|---------|----------|----------|----------|--------|-------------|
|           | 1335 | 8.949   | 0.978   | 165.710  | -0.852   | -1.182   | 0.028  |             |
| Resultant |      | 12.465  | 21.190  | 76.276   | -476.219 | 266.610  | -1.449 | at centroid |
| 1430      | 1305 | -7.522  | 12.831  | 281.968  | 1.601    | 1.275    | -0.013 |             |
|           | 1315 | 6.607   | 10.938  | -227.606 | 1.058    | -0.926   | -0.012 |             |
|           | 1335 | 1.153   | 1.275   | 21.914   | -1.036   | -0.221   | 0.034  |             |
| Resultant |      | 0.238   | 25.044  | 76.276   | -558.908 | -6.562   | -2.058 | at centroid |
| 1440      | 1305 | -9.486  | 15.504  | 338.916  | 2.123    | 1.062    | 0.003  |             |
|           | 1315 | 3.589   | 6.483   | -126.700 | 0.261    | -0.921   | -0.026 |             |
|           | 1335 | -7.511  | 1.279   | -135.941 | -0.979   | 0.817    | 0.033  |             |
| Resultant |      | -13.408 | 23.266  | 76.276   | -510.772 | -306.486 | -2.034 | at centroid |
| 1445      | 1305 | -8.022  | 12.556  | 282.113  | 2.025    | 0.542    | 0.018  |             |
|           | 1315 | -0.858  | -0.929  | 31.090   | -0.689   | -0.487   | -0.029 |             |
|           | 1335 | -12.868 | 0.747   | -236.927 | -0.544   | 1.512    | 0.018  |             |
| Resultant |      | -21.748 | 12.374  | 76.276   | -275.333 | -498.282 | -1.438 | at centroid |
| 1450      | 1305 | -4.902  | 7.305   | 169.738  | 1.487    | -0.025   | 0.026  |             |
|           | 1315 | -4.975  | -7.725  | 179.009  | -1.529   | 0.061    | -0.025 |             |
|           | 1335 | -14.704 | 0.087   | -272.471 | -0.012   | 1.765    | 0.000  |             |
| Resultant |      | -24.581 | -0.333  | 76.276   | 10.144   | -565.767 | -0.294 | at centroid |
| 1455      | 1305 | -0.979  | 0.718   | 28.621   | 0.709    | -0.558   | 0.030  |             |
|           | 1315 | -7.955  | -12.888 | 287.793  | -2.035   | 0.619    | -0.016 |             |
|           | 1335 | -12.999 | -0.526  | -240.138 | 0.492    | 1.541    | -0.017 |             |
| Resultant |      | -21.932 | -12.696 | 76.276   | 284.255  | -504.364 | 0.610  | at centroid |
| 1460      | 1305 | 3.450   | -6.519  | -125.217 | -0.220   | -0.958   | 0.027  |             |
|           | 1315 | -9.447  | -15.766 | 343.445  | -2.137   | 1.112    | -0.002 |             |
|           | 1335 | -7.756  | -1.135  | -141.951 | 0.942    | 0.870    | -0.032 |             |
| Resultant |      | -13.753 | -23.419 | 76.276   | 514.113  | -317.871 | 1.468  | at centroid |
| 1470      | 1305 | 6.583   | -10.845 | -224.806 | -1.028   | -0.919   | 0.012  |             |
|           | 1315 | -7.626  | -13.026 | 286.850  | -1.642   | 1.285    | 0.012  |             |
|           | 1335 | 0.840   | -1.294  | 14.232   | 1.043    | -0.152   | -0.035 |             |
| Resultant |      | -0.203  | -25.165 | 76.276   | 561.195  | -21.112  | 2.103  | at centroid |
| 1480      | 1305 | 7.778   | -12.186 | -258.216 | -1.451   | -0.651   | -0.004 |             |
|           | 1315 | -4.364  | -7.867  | 174.967  | -0.846   | 1.179    | 0.023  |             |
|           | 1335 | 8.696   | -1.155  | 159.526  | 0.900    | -1.127   | -0.029 |             |
| Resultant |      | 12.110  | -21.207 | 76.276   | 475.105  | 254.897  | 2.077  | at centroid |
| 1485      | 1305 | 7.039   | -10.530 | -223.484 | -1.442   | -0.177   | -0.018 |             |
|           | 1315 | -0.074  | -1.032  | 24.426   | 0.136    | 0.833    | 0.029  |             |
|           | 1335 | 14.957  | -0.763  | 275.335  | 0.544    | -1.904   | -0.018 |             |
| Resultant |      | 21.921  | -12.324 | 76.276   | 271.939  | 474.893  | 1.445  | at centroid |
| 1800      | 1305 | 4.811   | -3.922  | -89.038  | -0.856   | 0.760    | -0.032 |             |
|           | 1315 | 2.586   | 5.223   | -89.820  | 0.501    | 0.124    | 0.016  |             |
|           | 1335 | 14.862  | -1.301  | 255.134  | 0.365    | -1.600   | -0.008 |             |
| Resultant |      | 22.259  | 0.000   | 76.276   | -0.850   | 436.937  | 4.903  | at centroid |
| 1810      | 1305 | -6.209  | 11.597  | 235.015  | 1.170    | 1.116    | -0.013 |             |
|           | 1315 | 5.229   | 9.570   | -176.649 | 0.588    | -0.759   | -0.012 |             |
|           | 1335 | 0.980   | 1.092   | 17.911   | -0.861   | -0.186   | 0.028  |             |
| Resultant |      | 0.000   | 22.259  | 76.276   | -451.933 | -14.146  | -0.522 | at centroid |

## 11. CONCLUSIONES

1. La estructura con la geometría planteada y con los perfiles angulares considerados cumplen con las condiciones de resistencia evaluados a velocidad de viento de 100 km/h (Velocidad de Supervivencia).
2. La estructura presenta las siguientes deformaciones que han sido medidas en la cúspide de la estructura para una velocidad de viento de 75km/h (Velocidad de Operación).

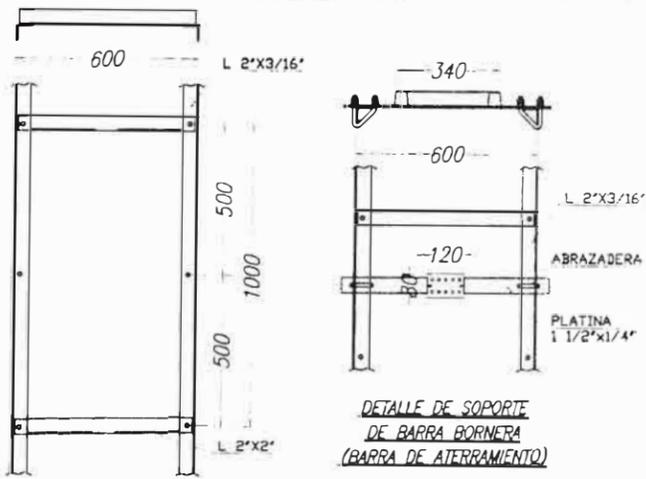
Deflexión: 0.2650m =  $0.376^\circ < 0.75^\circ$

Torsión:  $0.0926^\circ < 0.30^\circ$

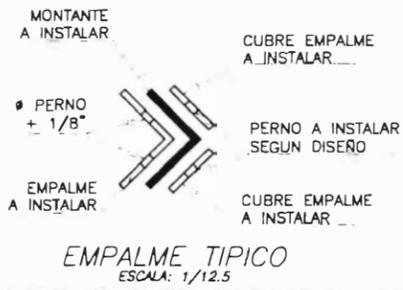
Estas deformaciones no comprometen a la estructura.

3. Los máximos ratios de esfuerzos en los elementos por cada panel son los siguientes:

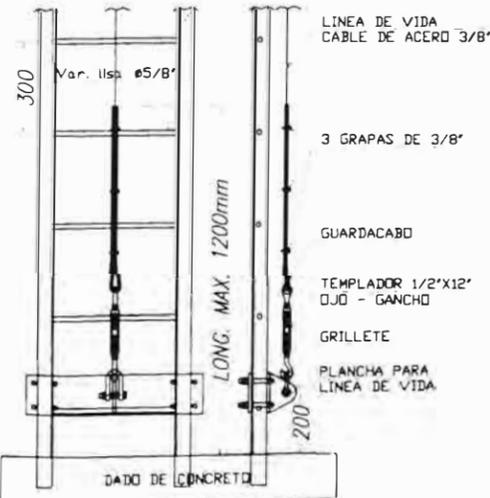
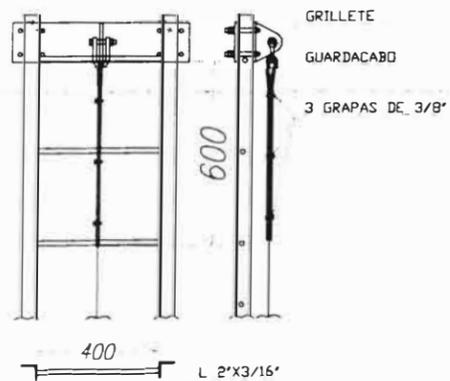
| <b>Panel</b> | <b>Perfil Montante</b> | <b>Ratio Máximo</b> |
|--------------|------------------------|---------------------|
| 1            | L1.5X1.5X3/16          | 0.463               |
| 2            | L2X2X3/16              | 0.279               |
| 3            | L3X3X1/4               | 0.526               |
| 4            | L4X4X1/4               | 0.645               |
| 5            | L4X4X5/16              | 0.686               |
| 6            | L4X4X3/8               | 0.674               |
| 7            | L5X5X3/8               | 0.576               |
| 8            | L6X6X3/8               | 0.676               |



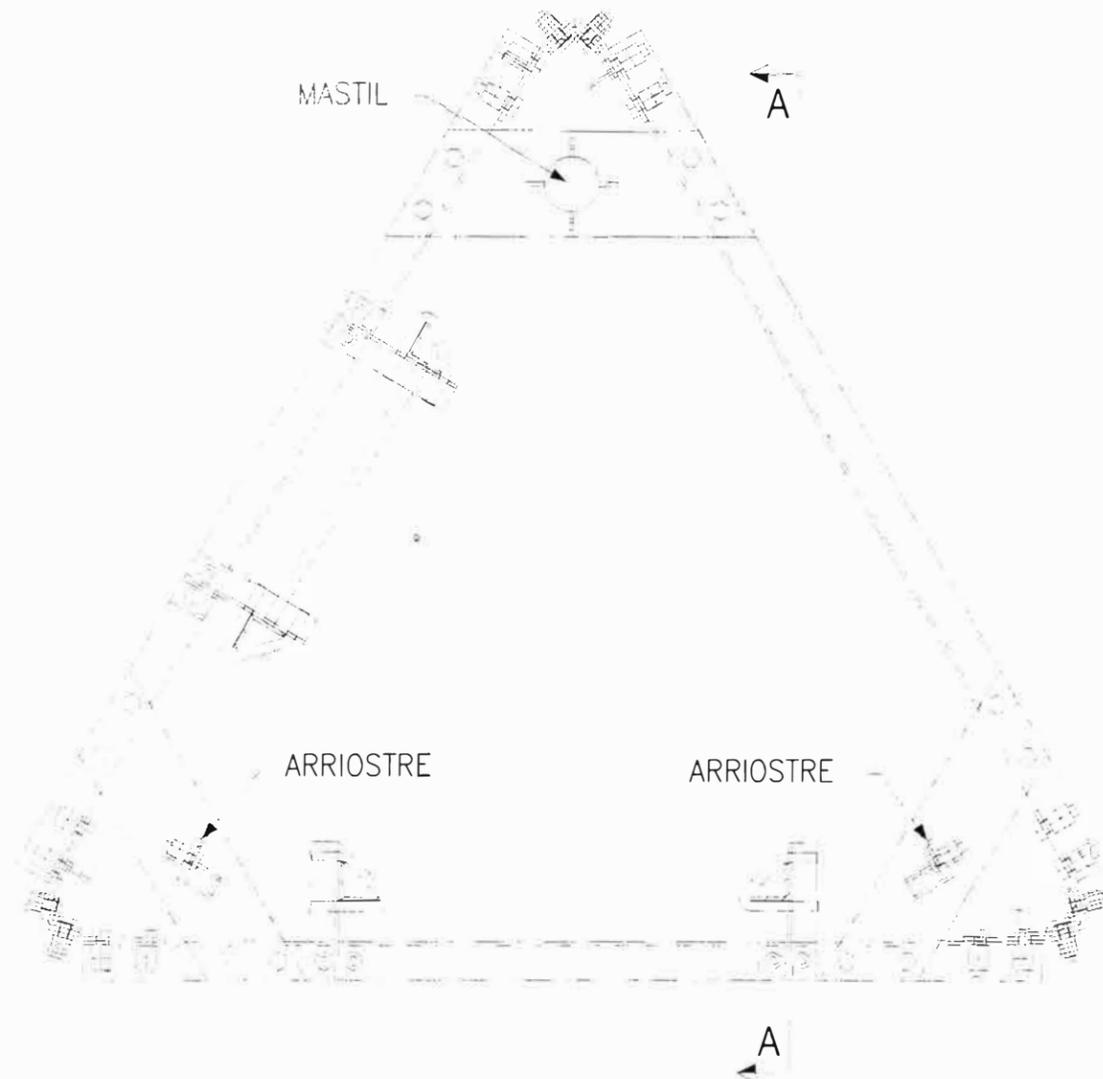
DETALLE ESCALERA  
BACK (TÍPICO)



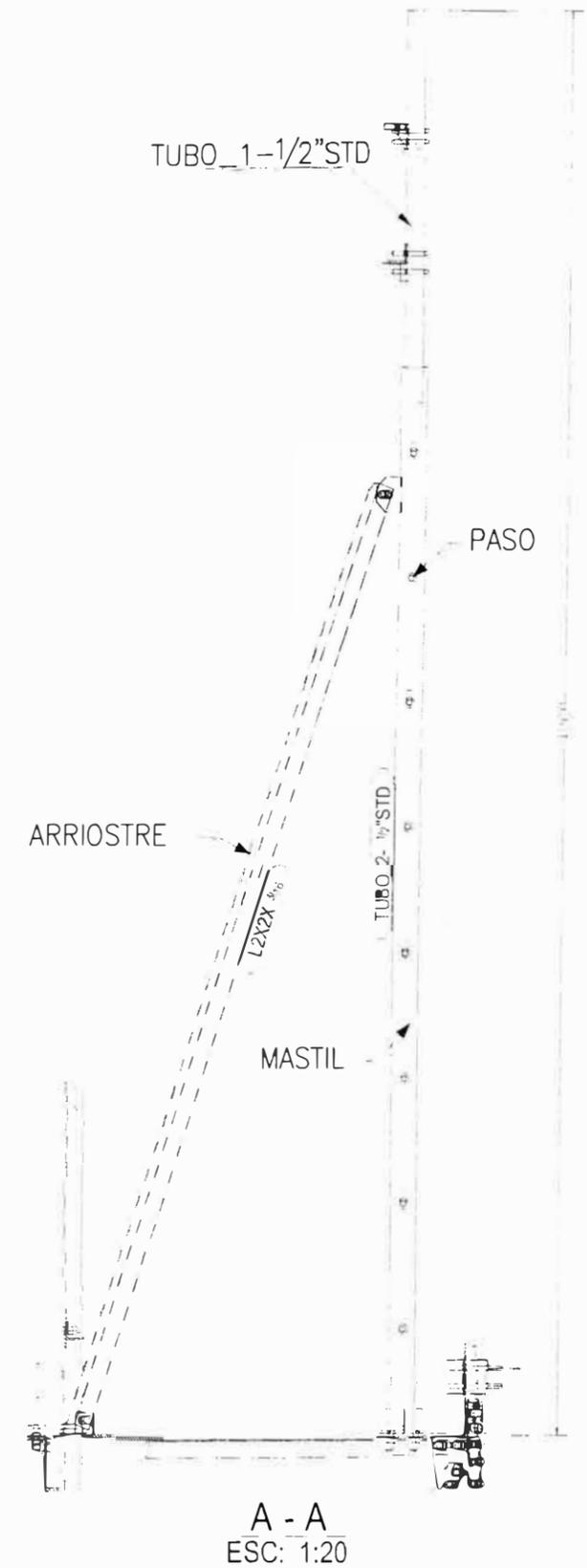
EMPALME TÍPICO  
ESCALA: 1/12.5



DETALLE ESCALERA PEATONAL (TÍPICO)  
DETALLE DE CABLE DE LINEA DE VIDA (CONTINUA)

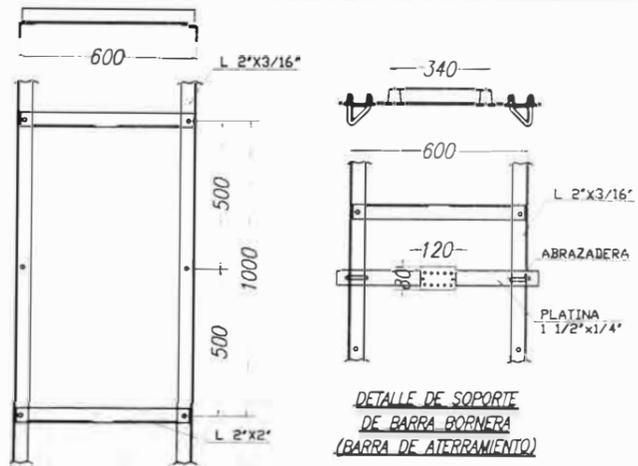


# SOPORTE DE PARARRAYOS

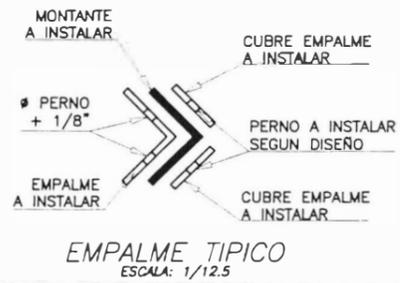


A - A  
ESC: 1:20

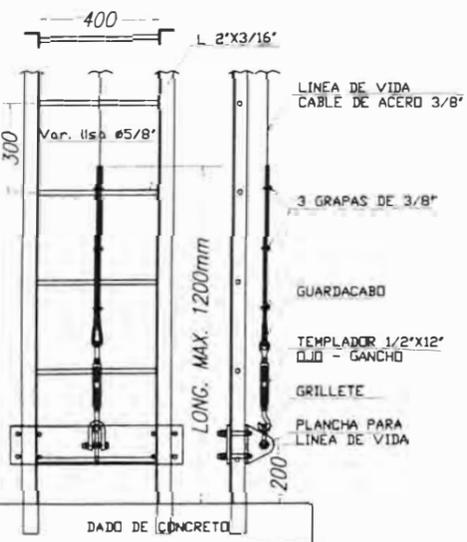
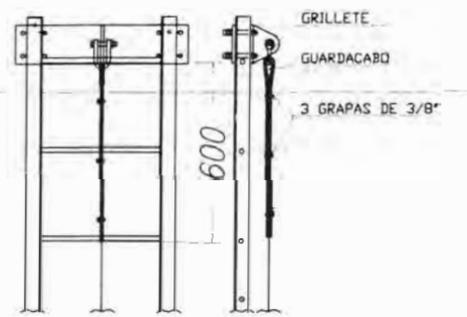
|  |                   |
|--|-------------------|
| PROPIETARIO:   |                   |
| DISEÑO / CONSTRUCCIÓN:   |                   |
| APROBACIONES:  |                   |
| ESTADO: PROYECTO   |                   |
| INFORMACION:   |                   |
| USO TÍPICO: GREENFIELD   |                   |
| TIPO DE ESTRUCTURA: TAT H=36.00 MTS.   |                   |
| REVISADO POR: FECHA:   |                   |
| LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA |                   |
| SITIO: SITE HABAS HORCO  |                   |
| ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS  |                   |
| PROFESIONAL:   |                   |
| RESPONSABLE DE OBRA: ING. CIP.   |                   |
| RELACION: DETALLE DE SOPORTES Y ESCALERAS  |                   |
| NÚMERO DE LAMINA: IM-02  |                   |
| ESCALA: INDICADA   | FECHA: JUNIO 2018 |



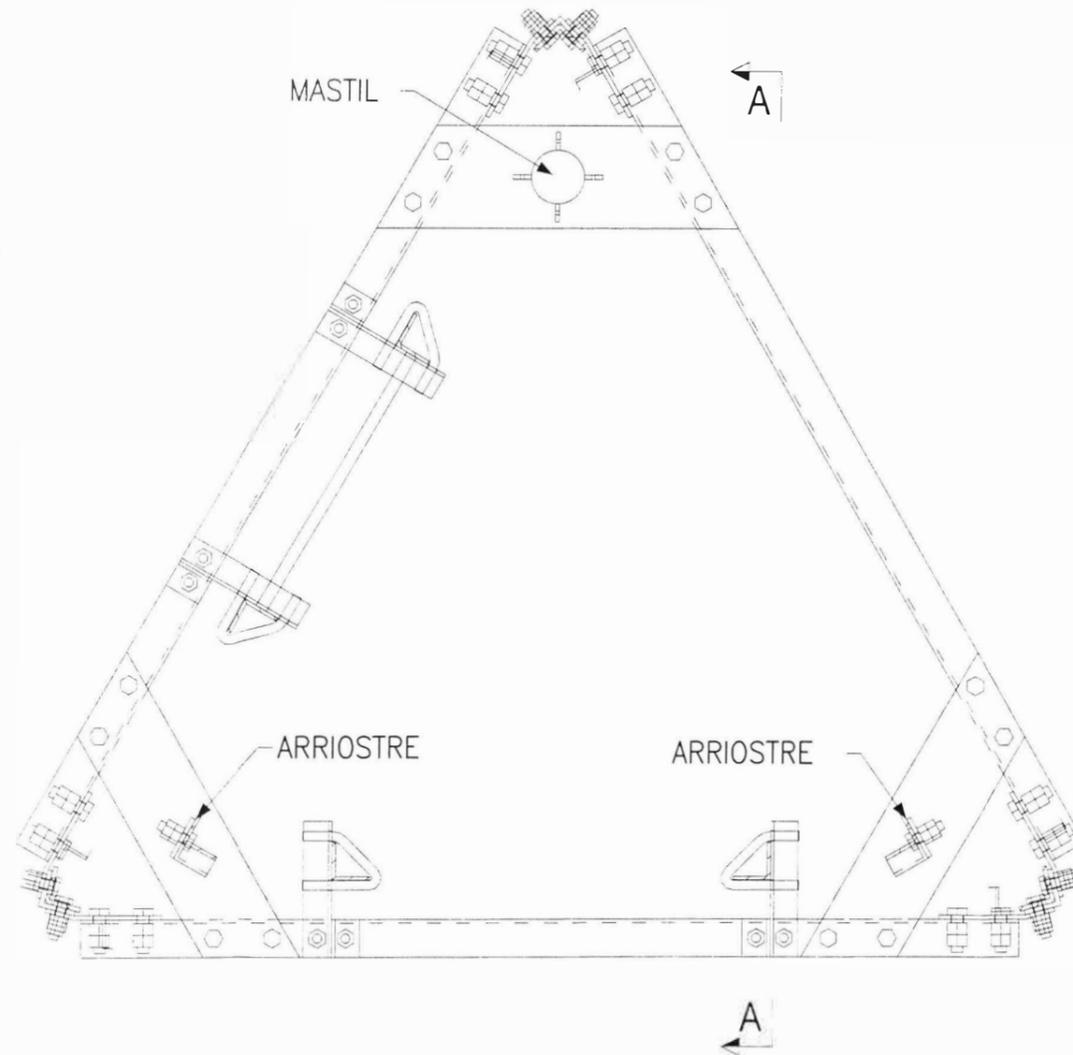
DETALLE ESCALERA RACK (TIPICO)



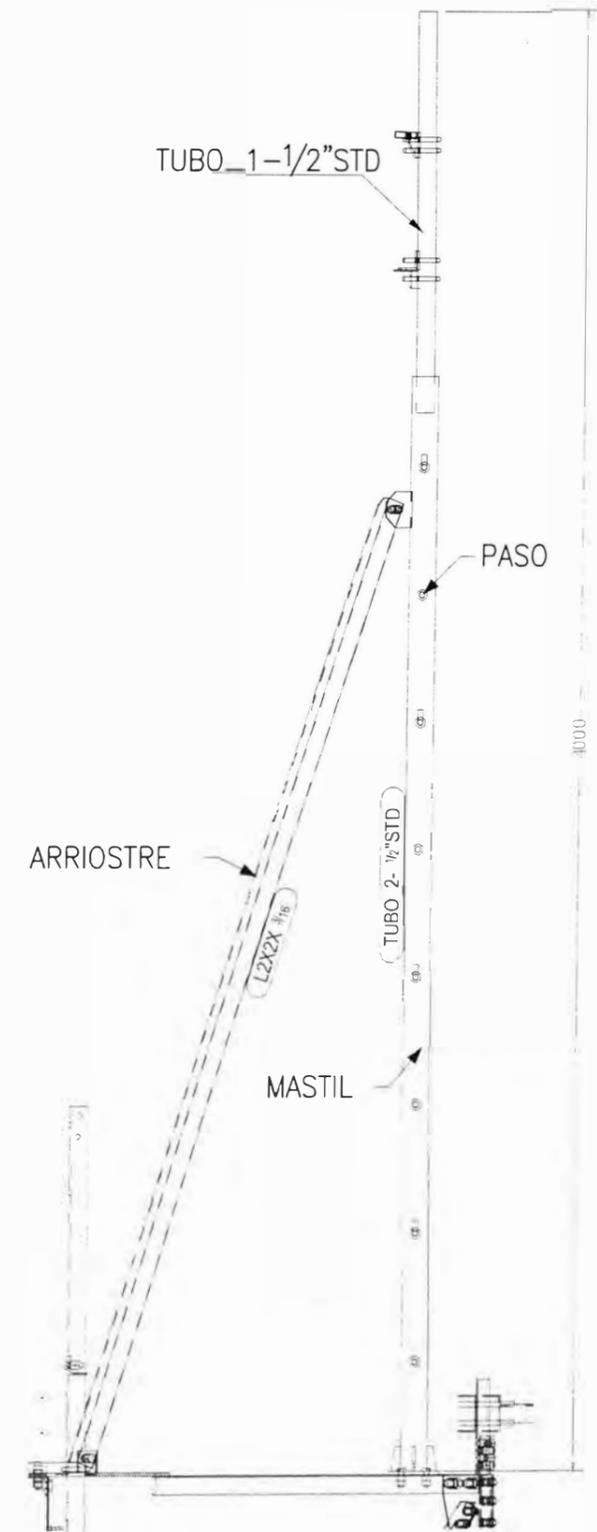
EMPALME TIPICO ESCALA: 1/12.5



DETALLE ESCALERA PEATONAL (TIPICO)  
DETALLE DE CABLE DE LINEA DE VIDA (CONTINUA)

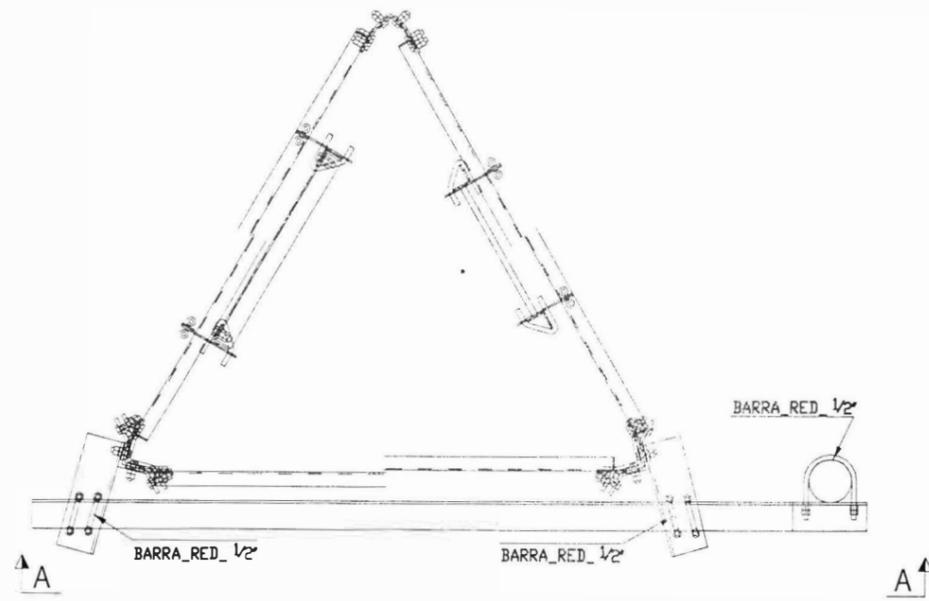


# SOPORTE DE PARARRAYOS

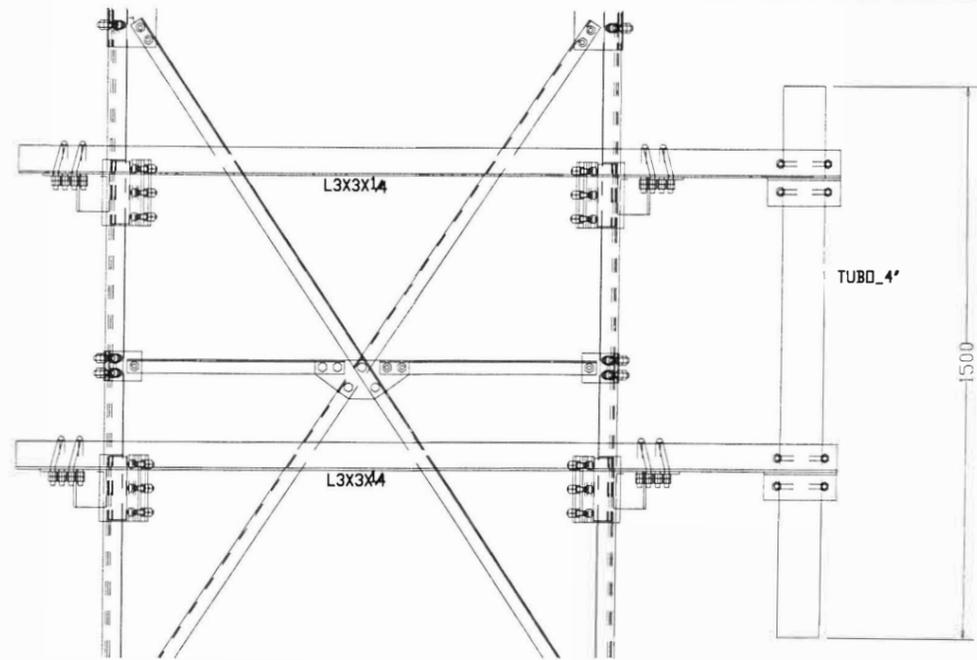


A - A  
ESC: 1:20

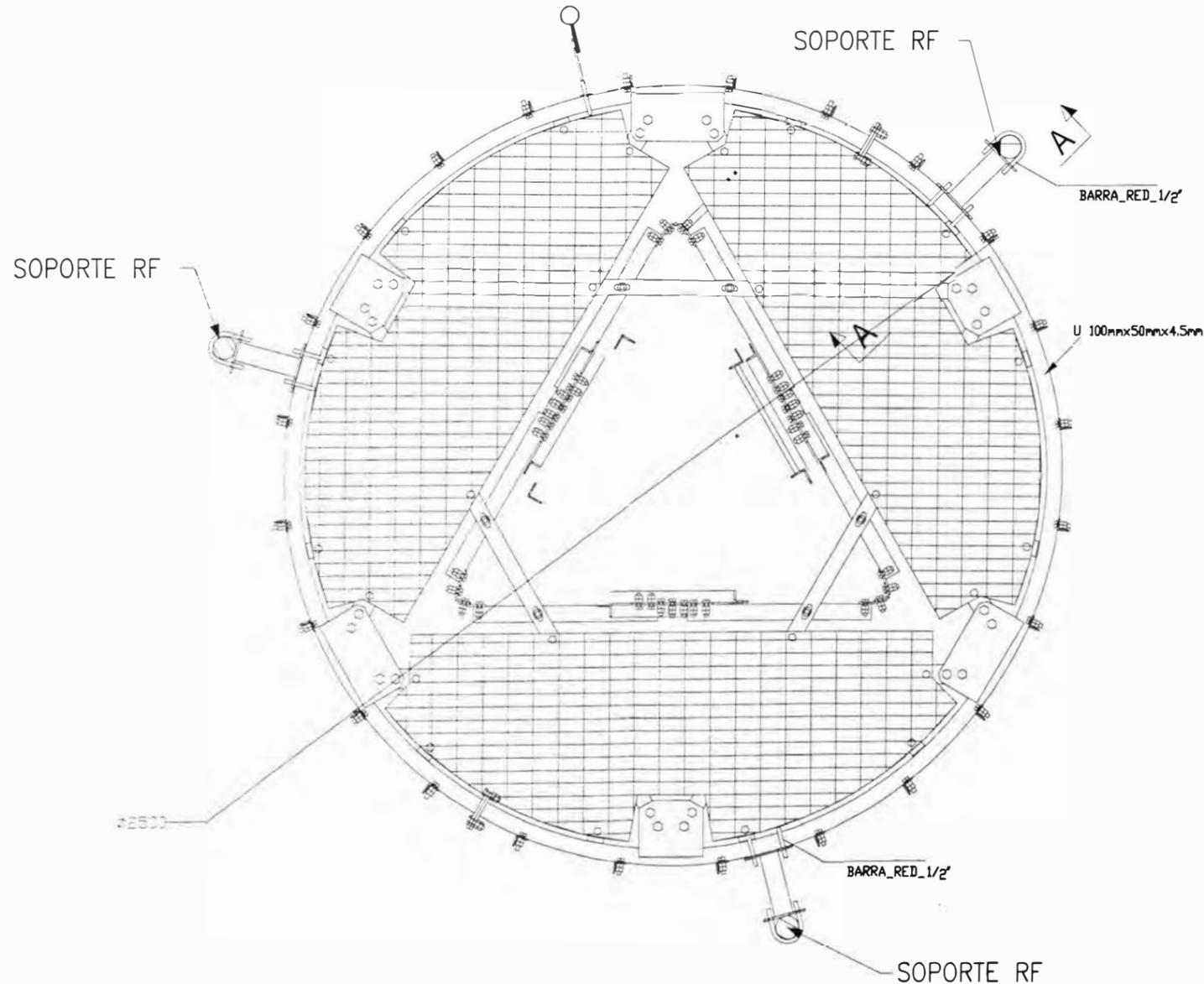
|  |                   |
|--|-------------------|
| PROPIETARIO  |                   |
| DISEÑO Y CONSTRUCCION  |                   |
| APROBACIONES   |                   |
| ETAPA: PROYECTO  |                   |
| INFORMACION  |                   |
| CELDA TIPO: GREENFIELD   |                   |
| TIPO DE ESTRUCTURA: TAT H=36.00 MTS.   |                   |
| REVISADO POR: FEC-1A   |                   |
| 0  |                   |
| 1  |                   |
| 2  |                   |
| 3  |                   |
| LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA |                   |
| TUBICACION: SITE HABAS HORCO   |                   |
| ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS  |                   |
| PROFESIONAL  |                   |
| RESPONSABLE DE OBRA: ING. CIP.   |                   |
| PLANO: DETALLE DE SOPORTES Y ESCALERAS   |                   |
| NÚMERO DE LAMINA: IM-02  |                   |
| ESCALA: INDICADA   | FECHA: JUNIO 2018 |



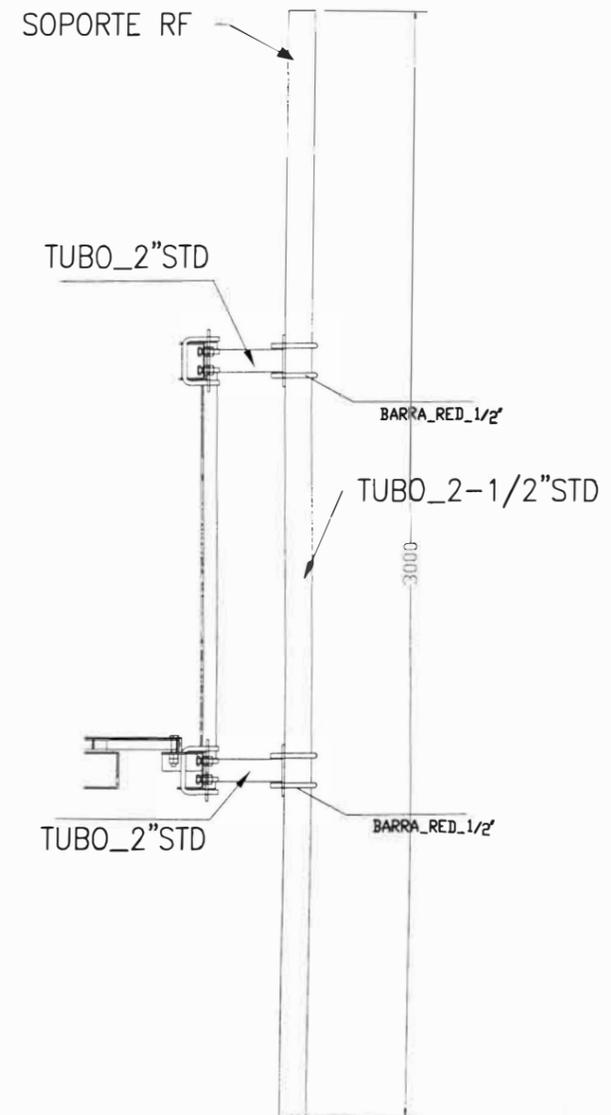
SOPORTE DE MW



A - A  
ESC: 1:20



PLATAFORMA DE TRABAJO



A - A  
ESC: 1:20

|  |                   |
|--|-------------------|
| PROPIETARIO:   |                   |
| DISEÑO Y CONSTRUCCION:   |                   |
| APROBACIONES   |                   |
| ETAPA: PROYECTO  |                   |
| INFORMACION  |                   |
| CELDA TIPO: GREENFIELD   |                   |
| TIPO DE ESTRUCTURA: TAT H=36.00 MTS.   |                   |
| REVISADO POR:  | FECHA             |
| 0  |                   |
| 1  |                   |
| 2  |                   |
| 3  |                   |
| LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL Y SU REPRODUCCION ESTA ESTRICTAMENTE PROHIBIDA |                   |
| UBICACION: SITE HABAS HORCO  |                   |
| ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS  |                   |
| PROFESIONAL:   |                   |
| RESPONSABLE DE OBRA: ING. CIP.   |                   |
| PLANO: DETALLE DE PLATAFORMA DE TRABAJO Y SOPORTE MW   |                   |
| NÚMERO DE LAMINA: IM-02  |                   |
| ESCALA: INDICADA   | FECHA: JUNIO 2018 |