



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RAFAELA
Departamento de Ingeniería Civil**

**ASIGNATURA
PROYECTO FINAL**

**PROPUESTA DE ESTACIÓN
TRANSFORMADORA 132/33/13,2 kV
EN LA CIUDAD DE RAFAELA Y
TÉCNICAS NECESARIAS PARA SU
CONSTRUCCIÓN**

**AUTOR
YACOB, GUILLERMO**

RAFAELA (SF), septiembre de 2020

**PROPUESTA DE ESTACIÓN TRANSFORMADORA
132/33/13,2 KV EN LA CIUDAD DE RAFAELA Y TÉCNICAS
NECESARIAS PARA SU CONSTRUCCIÓN**

PROYECTO FINAL
ELABORADO POR
GUILLERMO YACOB

BAJO LA DIRECCIÓN DE
ING. CIVIL **HECTOR MONACO**
ING. ELECTROMECÁNICO **PABLO PALACIO**

**PROPUESTA DE ESTACIÓN TRANSFORMADORA 132/33/13,2 kV
EN LA CIUDAD DE RAFAELA Y TÉCNICAS NECESARIAS PARA SU
CONSTRUCCIÓN**

Ing. Electromecánico Pablo PALACIO Co-Director	Ing. Civil Hector MONACO Director

**PROPUESTA DE ESTACIÓN TRANSFORMADORA 132/33/13,2 kV
EN LA CIUDAD DE RAFAELA Y TÉCNICAS NECESARIAS PARA SU
CONSTRUCCIÓN**

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN		
Ing. Hugo F. BEGLIARDO Jurado presidente	Ing. Daniel FERRARI Jurado	Dr. Ing. Juan NITTMANN Jurado

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad Regional Rafaela de la Universidad Tecnológica Nacional, por brindarme la posibilidad de formarme como ingeniero en mi ciudad natal. Considero que la tecnología es la punta de lanza que nos conduce al futuro y encuentro esperanzador que la institución sea un referente de profesionales de la tecnología. Espero que el espíritu de innovación y la mirada crítica de sus estudiantes no deje de transmitirse de generación en generación.

A mi mamá Norma y mi papá Luis, que siempre me apoyaron y me empujaron a seguir. Gracias por ser mi sustento en los momentos difíciles y por darme un espacio en casa para formar mi pensamiento. Gracias por entender mis límites y por su paciencia. Por enseñarme de perseverancia, respeto y compromiso, pero sobre todo de amor. Soy un reflejo de ustedes dos. Gracias, además, por traer a casa a Sirius, perrito hermoso y desquiciado.

A mi hermana, Agus, amiga y confidente. Gracias por regalarme siempre tu alegría. Espero que, en esta nueva etapa de tu vida, tengas mucha, mucha felicidad. Que nuestros caminos no se alejen demasiado y siempre tengan un punto de encuentro. Confiamos en que las redes puedan mantenernos unidos incluso cuando nos encontremos lejos. Te quiero muchísimo.

A Floren, que estuvo en todos los momentos. Por los mimos cuando estuve mal y por acompañarme a celebrar en las buenas. Por los ánimos que siempre me das, por apoyarme en mis sueños y por comprender mis gustos. Por compartir conmigo tus planes y proyectos. Espero que podamos concretar nuestros sueños y aspiraciones y encontremos siempre una forma de hacerlo juntos, con respeto y cariño. Te lo digo siempre, te admiro un montón. Gracias Florcita, te amo.

A Guti, Andrés y Charly. A ustedes les agradezco por ser mis grandes compañeros de la carrera. Cada uno estuvo en un momento distinto, pero siento que estamos los cuatro dentro del mismo frasco de mermelada. Gracias por las materias preparadas y por los viajes y asados varios que compartimos.

A Joaco y Eze, mis amigos interdisciplinarios que me llevaron hacia la electromecánica, gracias por compartir tantas lindas mañanas de laburo, por los mates en la Partner y por las noches de fiestas universitarias.

A Joel y Mati por esas juntadas furiosas de estudio, a Joan que compartimos un año entero trabajando codo a codo y a Luci, por todas las carpetas y la ayuda que me prestó. Gracias por acompañarme en el inicio de esta etapa.

A los compañeros de la Asociación Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil, a los del Centro de Estudiantes y a los consejeros estudiantiles, por abrirme las puertas a espacios de debate, reflexión y pensamiento crítico. Siempre me contagiaron de una energía increíble y no veo la hora de que nuestra generación tome el rol protagónico de nuestra sociedad para plasmar esa energía en acciones.

A Héctor y Pablo, mis directores, por disponer de su tiempo y aceptar desinteresadamente ayudarme en este proyecto.

A todos mis profes, que siempre estuvieron predispuestos a responder mis inquietudes y en particular a los que nos llevaron a visitas técnicas.

A la Escuela Técnica N° 460, que me proporcionó las herramientas que implementé y mejoré en esta época universitaria. Llevo con orgullo el nombre de mi escuela.

A todos mis amigos y amigas, que son un montón, por compartir esta etapa conmigo en tardes de mates, noches de salidas y días de viajes. A los viejos, a los nuevos, a los que el tiempo nos distanció y a los que la pandemia nos acercó, los quiero con todo mi corazón.

A todos, gracias.

Stay hungry, stay foolish. Nos vemos en Marte.

PRÓLOGO

En el presente documento, se desarrolla el proyecto final de carrera, realizado en el contexto de la materia homónima, que oficia de culminación de los estudios de Ingeniería civil en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela.

Este proyecto propone la construcción de una nueva estación transformadora 132/33/13,2 kV en la ciudad de Rafaela, para mejorar la prestación del servicio eléctrico de la ciudad y potencialmente de la región.

Como consecuencia del desarrollo urbano de las ciudades se produce un aumento de las demandas energéticas. Para suplirlas es necesario incrementar la potencia instalada en la red. Esto puede llevarse a cabo mediante el reemplazo de los transformadores instalados por otros de mayor potencia o a través del incremento del número de transformadores. Los mismos pueden incorporarse a estaciones transformadoras existentes o bien, como se plantea en este trabajo, montarse en una nueva estación. En la provincia de Santa Fe ciudades como Rosario y la capital cuentan con múltiples estaciones transformadoras, lo que evidencia la factibilidad de este tipo de soluciones.

El proyecto se estructura en cinco capítulos y dos anexos, compuestos por planos, croquis y tablas referidos a lo largo del documento.

En el primer capítulo, se justifica la necesidad de una nueva estación transformadora 132/33/13,2 kV en la ciudad de Rafaela. Se introduce al lector al sistema de transporte y distribución de energía eléctrica de la provincia de Santa Fe y a las generalidades de una estación transformadora. Además, se desarrolla la justificación de la elección del terreno para montar la planta.

En el siguiente capítulo, se enumeran y describen los procesos constructivos, técnicas, materiales y máquinas que intervienen en un proyecto de estas características. Se suma una breve descripción de las instalaciones complementarias necesarias.

A continuación, se plantean las premisas necesarias para el proyecto y se describe el proceso de diseño de la planta, finalizando con las características y dimensiones de los elementos de hormigón, caminos y fundaciones.

Como complemento al capítulo de diseño, se desarrolla el cálculo y dimensionamiento de la base del transformador de potencia. Se describen las particularidades de la base y de la bodega de contención de aceite. Asimismo, se lleva a cabo el análisis de estabilidad de cada sistema y los cálculos y dimensionamientos correspondientes.

En el último capítulo, se realiza el estudio de impacto ambiental del proyecto en base al método descrito en la sección.

El trabajo pretende, además de introducir al lector en el funcionamiento, objetivos y necesidades de una estación transformadora, dejar en evidencia el alcance del perfil de un ingeniero civil y la potencialidad del trabajo en conjunto con profesionales de un amplio rango de disciplinas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corredor radial 132 kV Santo Tomé – Tostado.....	6
Figura 2: Esquema de un sistema de contención de aceite.....	8
Figura 3: Croquis de la ET Rafaela SUR y sus principales elementos.....	9
Figura 4: Aisladores en apoyos del transformador	10
Figura 5: Transformadores de la ET	11
Figura 6: Interruptor unitripolar	11
Figura 7: Acceso a los cañeros	12
Figura 8: Torre de iluminación.....	13
Figura 9: Posibles ubicaciones de ET norte respecto al plano de clasificación de suelos del código urbano municipal.....	16
Figura 10: Posibles ubicaciones de ET norte respecto al plano de tejidos urbanos del código urbano municipal.....	16
Figura 11: Vibro-compactador “pata de cabra”	29
Figura 12: Motoniveladora.....	30
Figura 13: Escarificador anexo a la motoniveladora	30
Figura 14: Cargador frontal	31
Figura 15: Mixer montado en un acoplado	32
Figura 16: Disposición de vínculos para postes dobles de diversas alturas.....	44
Figura 17: Una grúa montando un vínculo triple.....	45
Figura 18: Base provisoria de madera, a modo de encofrado	46
Figura 19: Llenado de espacio sobrante en ojos de vínculos	47
Figura 20: Perfil de un canal para cables	48
Figura 21: Excavación para canales, previo al hormigonado.....	49
Figura 22: Encofrado para muros de canales.....	49
Figura 23: Resolución de cruce de canal y camino.....	50
Figura 24: Máquina zanjadora.....	52
Figura 25: Disposición de los conductores, previo al enterrado.....	53
Figura 26: Imágenes satelitales del terreno disponible (A) y de la ET sur (B). Rafaela, Santa Fe.....	56
Figura 27: Identificación de espacios necesarios.	56
Figura 28: Adaptación de bloques.....	57
Figura 29: Ubicación de bloques en un boceto del terreno	57
Figura 30: Reordenamiento de playa 132 kV.....	58
Figura 31: Forma de vinculación con instalaciones existentes	58
Figura 32: Planta batea	65
Figura 33: Corte A-A batea.....	65
Figura 34: Cortes B-B y C-C.....	66
Figura 35: Pantallas de la batea.....	66
Figura 36: Corte longitudinal viga	67
Figura 37: Corte transversal viga.....	67
Figura 38: Capas de suelo presentes en el terreno	68
Figura 39: Columnas de agua y aceite	69
Figura 40: Esfuerzos verticales en una batea llena de agua.....	70
Figura 41: Empujes que solicitan a las pantallas 1 y 5	72
Figura 42: Empuje activo sobre la pantalla 3.....	72
Figura 43: Solicitaciones de fondo.....	73
Figura 44: Esquema de esfuerzos y diagrama de momentos para pantallas.....	74
Figura 45: Esquema de aplicación de resorte.....	79
Figura 46: Esfuerzos solicitantes y diagramas de momentos flectores en cada estado..	80
Figura 47: Envolvente de los 15 diagramas de momento flector.....	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Cantidades máximas admisibles de sustancias nocivas en agregado fino	34
Tabla 2: Granulometría exigida para agregado fino	34
Tabla 3: Cantidades máximas admisibles de sustancias nocivas en agregado grueso ...	35
Tabla 4: Granulometría exigida para agregado grueso	36
Tabla 5: Máximos admisibles de sustancias disueltas en el agua de empaste y curado .	36
Tabla 6: Valores de resistencia a compresión según clase de hormigón	39
Tabla 7: Diámetros de cima de poste según la carga de rotura nominal	42
Tabla 8: Diámetros de alambres para postes.....	42
Tabla 9: Valores promedio de resistividad de acuerdo al tipo de suelo	51
Tabla 10: Postes simples.....	59
Tabla 11: Postes dobles	59
Tabla 12: Postes para soporte de aparatos	60
Tabla 13: Vínculos	60
Tabla 14: Anillos	60
Tabla 15: Vigas y barral	61
Tabla 16: Pórticos.....	61
Tabla 17: Bandejas para soporte de aparatos	62
Tabla 18: Bases para soportes de aparatos.....	62
Tabla 19: Características de materiales a utilizar	67
Tabla 20: Características del suelo en PAER	68
Tabla 21: Indicadores para completar las grillas de la matriz	84
Tabla 22: Total de casilleros analizados y porcentajes de los impactos.....	86
Tabla 23: Discriminación de los impactos analizados	87

LISTA DE ABREVIATURAS

ADN. *Acero de Dureza Natural*

AT. *Alta Tensión*

Av. *Avenida*

CBR. *siglas en inglés para Ensayo de Relación de Soporte de California*

CIRSOC. *entro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles*

cm. *Centímetros*

daN. *Deca Newton*

DNI. *Documento Nacional de Identidad*

EPE. *Empresa Provincial de la Energía*

EslA. *Estudio de Impacto Ambiental*

ET. *Estación transformadora*

ETN. *Especificaciones Técnicas Normales*

GIS. *siglas en inglés para Sistema de Información Geográfica*

GUR. *Guardia Urbana Rafaelina*

IP. *Índice de Plasticidad*

kg. *Kilogramo*

kV. *Kilo voltio*

LL. *Límite Líquido*

m. *Metros*

mm. *Milímetros*

MPa. *Mega Pascal*

MVA. *mega Voltio Amperio*

PAER. *Parque de Actividades Económicas de Rafaela*

PAT. *Puesta a Tierra*

PCB. *Bifileno policlorado*

PVC. *Policloruro de vinilo*

PyMEs. *Pequeñas y Medianas Empresas*

SET. *Sub-estación transformadora*

t. *Toneladas*

trafos. *Transformador de potencia*

ÍNDICE

Prólogo.....	IX
Lista de figuras.....	XI
Lista de tablas.....	XII
Lista de abreviaturas.....	XIII
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
CAPÍTULO 1 Antecedentes y justificación.....	5
1.1. Redes de media tensión en Santa Fe.....	5
1.1.1. Demanda energética.....	5
1.1.2. Transporte y distribución de energía eléctrica.....	5
1.1.3. Corredor radial de Santa Fe.....	5
1.1.4. Planteo de la necesidad de una nueva ET.....	6
1.2. Estaciones transformadoras.....	7
1.2.1. Componentes de una ET.....	7
1.2.2. Sistema de contención de aceite.....	7
1.3. Visita guiada a la ET Rafaela SUR.....	8
1.3.1. Transformador principal.....	9
1.3.2. Rieles de apoyo.....	10
1.3.3. Caminos.....	10
1.3.4. Generalidades del predio.....	10
1.3.5. Instalaciones complementarias.....	13
1.4. Análisis de posibles ubicaciones y su impacto en la ciudad.....	14
1.4.1. Necesidad de una ET en el norte.....	14
1.4.2. Límites establecidos.....	14
1.4.3. Investigación de los terrenos ubicados dentro del límite.....	15
1.4.4. Conclusión.....	17
CAPÍTULO 2 Metodología a utilizar.....	19
2.1. Generalidades.....	19
2.1.1. Limpieza del terreno.....	19
2.1.2. Obrador.....	19
2.1.3. Replanteo.....	19
2.1.4. Deforestación y parquización.....	20
2.2. Suelos.....	20
2.2.1. Estudio geotécnico.....	20
2.2.2. Movimiento de suelos.....	21
2.2.3. Relleno y compactación.....	21

2.2.4. Excavaciones	22
2.3. Caminos de hormigón	22
2.3.1. Subrasante	23
2.3.2. Sub-base suelo cemento	23
2.3.3. Pavimento de hormigón	25
2.3.4. Pavimento acceso a transformador de potencia	28
2.4. Maquinaria	28
2.4.1. Vibro-compactador "Pata de cabra"	28
2.4.2. Compactador neumático	29
2.4.3. Motoniveladora	29
2.4.4. Cargador frontal	31
2.4.5. Pala retroexcavadora	31
2.4.6. Mezcladora moto hormigonera	31
2.4.7. Otros	32
2.5. Hormigón de cemento portland	32
2.5.1. Características del hormigón	32
2.5.2. Mezclas	32
2.5.3. Temperatura del hormigón	33
2.5.4. Materiales	33
2.5.5. Tipos de hormigones	36
2.6. Estructuras de hormigón	37
2.6.1. Armaduras	37
2.6.2. Hormigonado	37
2.6.3. Ensayos	38
2.7. Cimentaciones	39
2.7.1. Estudio geotécnico	39
2.7.2. Hormigones	40
2.7.3. Hormigonado	40
2.7.4. Tipos de fundaciones	40
2.8. Elementos prefabricados	41
2.8.1. Generalidades	41
2.8.2. Postes	42
2.8.3. Vínculos	43
2.8.4. Montaje de elementos prefabricados	44
2.9. Instalaciones complementarias	47
2.9.1. Canales para cables	47
2.9.2. Sistema de puesta a tierra	50
CAPÍTULO 3 Diseño	55
3.1. Premisas de diseño de la planta general	55

3.2. Proceso de diseño	55
3.2.1. Terreno disponible	55
3.2.2. Distribución de la planta	55
3.2.3. Reestructuración de sectores de playa 132 kV	57
3.2.4. Vínculo con instalaciones existentes	58
3.3. Elementos prefabricado	59
3.3.1. Postes	59
3.3.2. Vínculos y anillos para pórticos	60
3.3.3. Vigas de pórticos	61
3.3.4. Pórticos	61
3.3.5. Soportes de aparatos	61
3.4. Caminos	62
3.5. Fundaciones necesarias	62
CAPÍTULO 4 Cálculo y dimensionamiento de base de transformador de potencia	65
4.1. Generalidades	65
4.1.1. Croquis batea	65
4.1.2. Etiquetado de las partes de la batea.....	66
4.1.3. Croquis viga	66
4.1.4. Materiales.....	67
4.1.5. Características del suelo	68
4.2. Cálculo y dimensionamiento Batea	68
4.2.1. Verificación de dimensiones de batea	68
4.2.2. Estabilidad del conjunto estructural	69
4.2.3. Peso de estructura	70
4.2.4. Verificación al hundimiento.....	71
4.2.5. Solicitaciones en pantallas.....	71
4.2.6. Cálculo de solicitaciones	73
4.2.7. Cálculos de armaduras.....	75
4.3. Cálculo y dimensionamiento Viga	77
4.3.1. Análisis de método de cálculo de solicitaciones.....	77
4.3.2. Obtención del coeficiente de rigidez de resorte a utilizar	78
4.3.3. Condiciones del modelo a analizar	79
4.3.4. Resultados del modelo de SAP2000	80
4.3.5. Verificación de dimensiones y cálculos de armaduras.....	81
CAPÍTULO 5 Análisis de impacto ambiental	83
5.1. Introducción	83
5.2. Estudio de impacto ambiental.....	83
5.3. Evaluación general de impacto ambiental.....	84
5.3.1. Impactos sobre el medio físico	84

5.3.2. Impactos sobre los componentes socioeconómicos	86
5.3.3. Análisis cuantitativo de los impactos.....	86
5.4. Conclusión del capítulo	87
Conclusiones.....	89
del trabajo.....	89
personales	90
Referencias.....	91
ANEXO I.....	93
ANEXO II.....	103

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Rafaela, ubicada en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe, presenta un crecimiento constante de la población debido a las posibilidades que se ofrecen en los ámbitos académicos, culturales y laborales. Esto plantea la necesidad de nuevas urbanizaciones para los años venideros, que son previstas en el código urbano municipal: los principales sectores para uso habitacional, se encuentran en los terrenos del norte de la ciudad.

Rafaela, es también conocida por ser un importante polo industrial en firme desarrollo. Particularmente en el noroeste de la ciudad, se halla el Parque de Actividades Económicas, donde se encuentra la mayor concentración de empresas e industrias.

Es así, que el crecimiento urbano del norte de la ciudad, junto con el desarrollo constante de la zona industrial, trae aparejado un incremento progresivo de la demanda de energía eléctrica de este sector.

Esta demanda, actualmente se puede suplir gracias al tendido de red de media tensión con origen en alguna de las dos estaciones transformadoras vigentes, que se ubican en el sur y el oeste de la ciudad. Sin embargo, no representa una solución eficaz porque las distancias a recorrer son grandes, lo que se traduce en grandes pérdidas de energía en forma de calor (las llamadas pérdidas técnicas). Esto supone un uso ineficiente de las redes, ergo un alto costo operativo.

Las estaciones transformadoras son instalaciones que tienen por objetivo tomar la energía eléctrica de la red de alta tensión (132 kV) y reducirla a tensiones medias (de 13.2 kV y 33 kV), aptas para distribución dentro de las localidades. Los equipos responsables de este trabajo son los transformadores de potencia y su principal característica es la potencia aparente, variable según cada caso.

Entonces, para solucionar el problema planteado, es necesario incrementar la potencia instalada en la red. Esto puede llevarse a cabo mediante el reemplazo de los transformadores instalados por otros de mayor potencia aparente o a través del incremento del número de transformadores en el sistema. Los mismos pueden incorporarse a estaciones transformadoras existentes o bien montarse en una nueva estación.

Se debe tener presente que, si bien se puede hacer un reemplazo de transformadores de potencia conforme a las necesidades, las demás partes de las estaciones, diseñadas para las potencias originales, se verían sobrepasadas y muy probablemente haya problemas. Esto, y el hecho de que los avances tecnológicos permiten estaciones cada vez más seguras y versátiles, hace que la construcción de una nueva estación transformadora en la ciudad sea la opción más favorable.

Luego, si las redes de media tensión se redistribuyen partiendo desde la misma, las distancias a cubrir serán más acordes a las situaciones óptimas de trabajo. Así, se pueden evitar recorridos innecesarios y se disminuyen las pérdidas técnicas que hoy suponen. La Empresa Provincial de la Energía podría brindar un servicio más estable y eficaz, favoreciendo su matriz económica.

En la provincia de Santa Fe, ciudades como Rosario y la capital cuentan con múltiples estaciones transformadoras para salvar las distancias geográficas que plantea el desarrollo urbano, lo que evidencia la factibilidad de este tipo de soluciones. La idea de reproducir este modelo en la ciudad de Rafaela, forma parte del plan de la empresa para los próximos años, por lo que se cuenta con el interés y el apoyo de su personal.

Como punto de partida para realizar este trabajo, se reúne información proveniente de la empresa, se realiza una visita guiada por personal competente a una estación transformadora y se recuperan los datos, planos y planillas necesarios de los sistemas de información georreferenciada propios de la empresa.

A partir de esto, el trabajo se propone llevar a cabo el proyecto de una nueva estación transformadora en la ciudad, donde se especifiquen las técnicas necesarias para su construcción.

OBJETIVOS

Los objetivos del proyecto final se enumeran a continuación:

- a) adquirir los conocimientos técnicos básicos necesarios sobre el funcionamiento y objetivo de una estación transformadora;
- b) establecer y describir los motivos por los que se necesita una nueva estación transformadora en la ciudad;
- c) analizar las posibles ubicaciones de la planta y determinar la más adecuada usando un criterio lógico y justificado;
- d) identificar y describir las técnicas constructivas, maquinarias y materiales requeridas para llevar a cabo una obra de estas características;
- e) diagramar la distribución de los elementos en la planta;
- f) seleccionar los elementos prefabricados que ofician de estructuras soportes de elementos y de estructuras para tendido;
- g) diseñar el trazado de los caminos internos del predio;
- h) calcular y dimensionar las estructuras que soportan a los transformadores de potencia;
- i) realizar el análisis de impacto ambiental correspondiente a la obra general.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.1. REDES DE MEDIA TENSIÓN EN SANTA FE

1.1.1. Demanda energética

Durante los últimos años, la ciudad de Rafaela ha experimentado un importante crecimiento económico, reflejado en el desarrollo industrial, de PyMEs y actividades diversas, el cual trae aparejado un impacto positivo en la población.

Este crecimiento de las economías regionales debe ser acompañado por políticas públicas que lo sostengan, y, en el caso particular de la energía eléctrica, satisfagan las demandas de la sociedad: sólo en los hogares, existe un grado de electrificación mayor que hace 20 años. Si a esto le sumamos el constante crecimiento demográfico y de actividad económica, resulta evidente la necesidad de ampliar la potencia instalada.

Actualmente se cuenta con dos estaciones transformadoras (ET), pero basado en la expansión de la ciudad hacia el norte y la potencialidad de desarrollo del Parque de Actividades Económicas de Rafaela (de aquí en más, PAER), se considera necesario una estación más, que alivie la demanda de las ET actuales.

Por lo tanto, es claro que esta obra permite sostener la expansión económica, el crecimiento industrial y el mejoramiento de la calidad de vida de los Rafaelinos.

1.1.2. Transporte y distribución de energía eléctrica

Dentro de las redes de transporte y distribución de energía eléctrica se puede trabajar con diversas tensiones: desde 132 kV hasta 500 kV; sin embargo, a las ET de la ciudad de Rafaela se ingresa con 132 kV, como se puede observar en el anexo A. De allí se distribuye a tensiones medias, de 33 kV o de 13,2 kV, hacia las diversas SET que se encuentran distribuidas en la ciudad.

Los distintos niveles de tensión en la red, vienen aparejados a las distancias, a los recorridos que el tendido debe abarcar. Grandes distancias implican mayores tensiones: las mayores tensiones se hacen para evitar la pérdida en forma de energía calórica generada por la corriente.

1.1.3. Corredor radial de Santa Fe

El subsistema radial del noroeste santafesino (SANGOI & CEA, 2014) es de 132 kV y tiene como nodo fuente a la ET Santo Tomé (STO) de 500/132 kV, perteneciente a la Transportista Transener S.A. y como nodo extremo de demanda a la ET Tostado (TOS).

Se plantea que la ET Rafaela Norte se vincule a esta red, con la posibilidad futura de generar una conexión entre las ET existentes.

El corredor tiene un recorrido de 330 km donde vincula las siguientes ETs de 132/33/13,2: Esperanza (ESP), Rafaela Oeste (RAO), Rafaela Sur (RAS), Sunchales (SUN), San Guillermo (SGU), Arrufo (ARU), Ceres (CER) y Tostado (TOS) (**Figura 1**).

En el anexo A05 se puede observar, de una forma más detallada, el recorrido del corredor radial 132 kV Santo Tomé – Tostado, y la traza que describe a través de los departamentos La Capital, Las Colonias y Castellanos en un mapa obtenido del Sistema de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) de la Empresa Provincial de la Energía (de aquí en más, EPE). Además, allí se pueden apreciar las jurisdicciones de cada localidad y en consecuencia cuáles son las que podrían llegar a conseguir conectarse a esta red sin necesidad de generar grandes desvíos de la misma.

Como alternativa a esta red, se cuenta con el ramal que recorre el centro de la provincia: de origen en Santo Tomé, alimenta a San Carlos Centro y luego a María Juana, para cerrar el circuito en la ET Rafaela oeste. Si bien esta red no es empleada habitualmente, es importante tenerla presente y hacer mención a ella, ya que junto al corredor Santo Tomé –

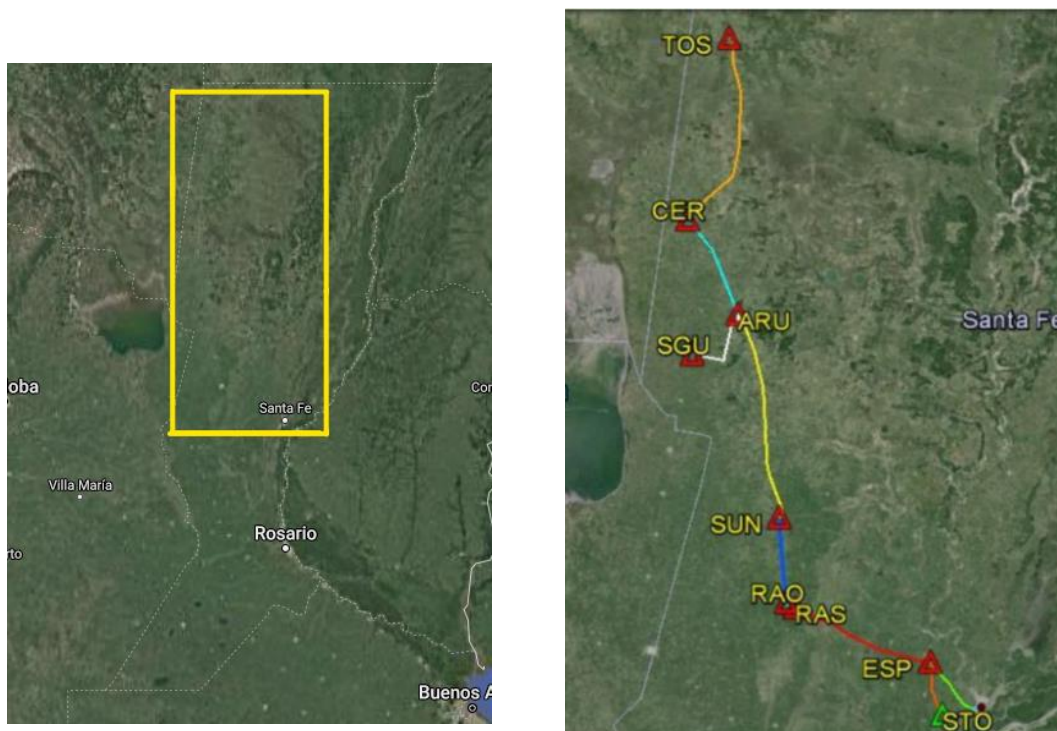


Figura 1: Corredor radial 132 kV Santo Tomé – Tostado
Fuente: SANGOI & CEA (2014)

Rafaela, forma el anillado que garantiza abastecimiento de energía a todas las localidades sin importar el origen.

1.1.4. Planteo de la necesidad de una nueva ET

El crecimiento urbano del norte de la ciudad de Rafaela, junto con el desarrollo constante de la zona industrial, trae aparejado un incremento progresivo de la demanda de energía eléctrica.

Esta demanda, actualmente se puede suplir gracias al tendido de red de media tensión (de 13.2kV y 33kV) con origen en alguna de las dos estaciones transformadoras vigentes. Sin embargo, es una solución a medias porque las distancias a recorrer son grandes, lo que se traduce en grandes pérdidas técnicas.

La solución a esta instancia implica la necesidad de mejorar la potencia instalada en la ciudad de Rafaela. Esto puede lograrse reemplazando los transformadores de potencia conforme a las necesidades, o bien sumar nuevos. No obstante, estos en breve pueden encontrarse nuevamente sobrepasados.

Esto, y el hecho de que los avances tecnológicos permiten estaciones cada vez más seguras y versátiles, hace que la construcción de una nueva estación transformadora en la ciudad sea la opción más favorable para resolver este problema de urbanización de la forma más racional.

Entonces, además del beneficio regional que trae una nueva ET, se considera también, el beneficio de disminuir los costos de distribución locales y de mejorar la calidad del servicio, ya que se evitan recorridos innecesarios de redes de MT, o sea, se disminuyen las pérdidas técnicas que éstas hoy suponen.

1.1.4.1. Alternativa y complemento al proyecto

Si bien, la idea de llevar a cabo este proyecto tiene muchos años dentro de la empresa, también existe un proyecto más ambicioso, que incluye una cuarta ET que se ubique en la zona este de la ciudad. De llevarse a cabo, se lograría una malla de 4 nodos, mucho más importante que la original de 3 nodos, que garantizaría una muy superior calidad de servicio en la localidad.

Se deja entonces, sentado este comentario, como una inquietud y una problemática con potencial de ser estudiada y desarrollada, pero no se tiene presente en este proyecto ni en la continuación de este documento.

1.2. ESTACIONES TRANSFORMADORAS

1.2.1. Componentes de una ET

Al observar una ET, llama generalmente la atención su tamaño: torres, estructuras, líneas y conductores amarrados, confeccionan una obra de ingeniería imponente.

Allí, podemos encontrar conductores tensados entre aisladores o sostenidos por ellos. Debajo, los equipos cuya cabeza se encuentra en tensión y están sostenidos por aisladores y soportes estructurales.

En el suelo de la estación, se observan canales, por los que corren los cables de comando, medición y protección, que están sumergidos en un ambiente de elevada interferencia electromagnética. Estos intensos campos magnéticos son inducidos por las grandes tensiones y corrientes presentes en el sistema y deben ser tenidos en cuenta por los ingenieros electricistas, ya que inducen efectos en los cables.

En el subsuelo, se encuentra tendida una red de puesta a tierra, que tiende a mantener el suelo de la estación con características equipotenciales, para evitar peligros a las personas y controlar interferencias electromagnéticas.

Se cuenta también con obras civiles, fundaciones, drenajes y caminos, edificios de comando para el control, medición, protección y telecomando.

Respecto a los aparatos eléctricos, se cuenta con equipos de potencia o principales, como interruptores, seccionadores, transformadores de medición, descargadores, trampa de onda y transformadores de potencia, o bien equipos de control y auxiliares (RIFALDI, 1993).

1.2.2. Sistema de contención de aceite

Los sistemas de contención de aceite, según la ETN 40 (2019) deben proveer medios adecuados para confinar, recoger y almacenar el aceite, encendido o no que pudiera derramarse de los equipos, mediante depósitos independientes del sistema de drenaje de agua.

Para evitar la contaminación del suelo con aceite, los transformadores o reactores se montan sobre bases ubicadas en piletas o bateas de contención de emulsión de agua o aceite, proveniente de la unión de agua de lluvia, agua de extinción en caso de incendio y aceite producto de eventuales averías o fallas en la estanqueidad de las maquinas o derrames durante incendios.

La emulsión que se forma entre el agua y el aceite, debe pasar a través de rejillas cortallamas y de allí derivarse al separador de agua y aceite. Según el diseño de las instalaciones, pueden existir casos donde cada máquina contiene su propio separador o casos donde existe un separador común para varias bateas, las que están vinculadas mediante un caño conector.

El aceite deriva a un reservorio de aceite dimensionado para los volúmenes que correspondan, provisto de un acceso para extraer el aceite allí almacenado, mientras que el agua sigue su recorrido hacia el desagüe pluvial.

Se deben instalar, además, cámaras de control de efluentes antes de la descarga de la red pluvial interna a los desagües exteriores. Estas cámaras deben ubicarse en lugares accesibles y de fácil inspección y estar equipadas con materiales absorbentes, que retengan eventuales trazas de aceite, combustible u otros hidrocarburos.

En la **Figura 2** se muestra un esquema del funcionamiento de un posible sistema de contención de aceite.

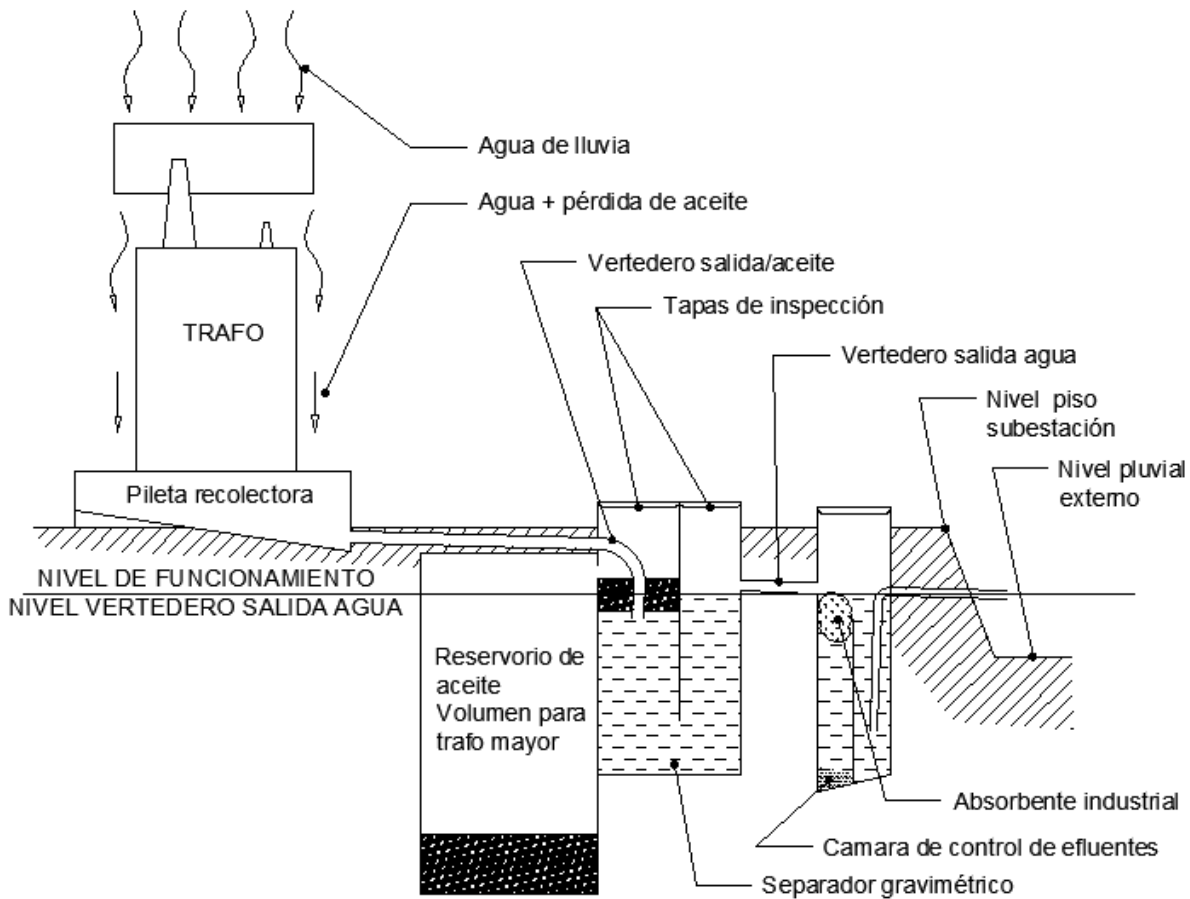


Figura 2: Esquema de un sistema de contención de aceite
Fuente: ETN 40 (2019)

1.3. VISITA GUIADA A LA ET RAFAELA SUR

Para poder llevar a cabo un proyecto que cumpla, no solo con las exigencias técnicas requeridas, sino también buscando optimizar la operación y mantenimiento de la ET, se realizó una visita técnica guiada a la ET Rafaela SUR. La misma fue coordinada por el Co-director de la presente tesis, Ing. Pablo Palacio.

En la **Figura 3** se puede observar el emplazamiento aproximado de los principales elementos que componen la ET, su sectorización y correlación.

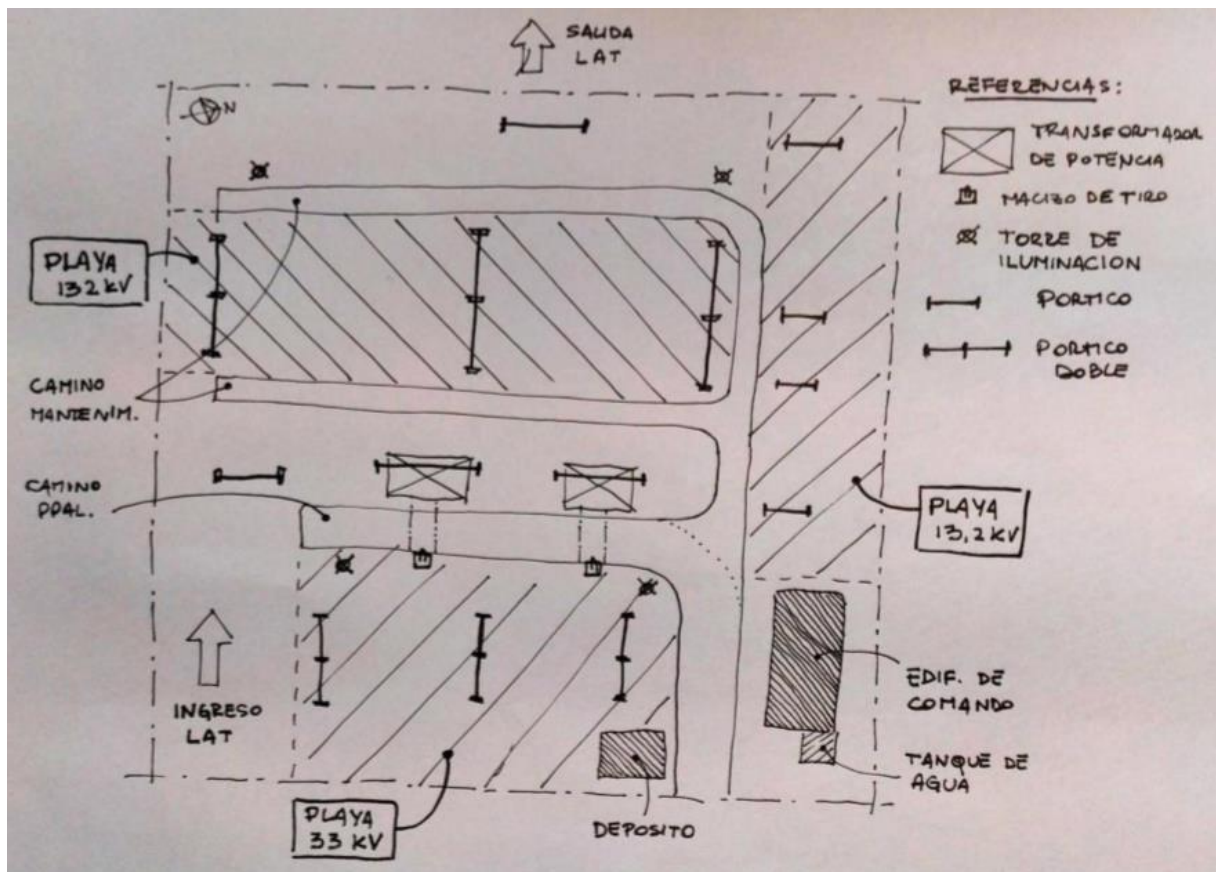


Figura 3: Croquis de la ET Rafaela SUR y sus principales elementos

Basado en un plano provisto por personal de la EPE y las observaciones realizadas en la visita, se generó el plano P28, que se utiliza como base para el diseño de la ET norte.

De la visita se obtuvo información de forma coloquial, que se enumera y desarrolla a continuación, clasificada respecto a elementos o partes relevantes de la ET.

1.3.1. Transformador principal

Tiene una potencia aparente de 30 MVA y un peso aproximado de 900 kN (cerca de 95 t) y vibra constantemente. Cuenta con cuatro ruedas para su transporte y disposición final. Las mismas están situadas sobre dos rieles montados in situ.

Para su montaje y desplazamiento se emplea un tractor con sistema oruga, puesto que es inviable, económica y físicamente, hacerlo con una grúa.

Más del 30% de su peso corresponde al aceite de refrigeración, entonces, como medida de precaución, se sitúa sobre un foso capaz de alojar y confinar la totalidad del aceite refrigerante, para evitar contaminaciones de napas.

En el aceite refrigerante, ya no se encuentra bifenilo ploriclorado (PCB). Desde que se probó su toxicidad y el impacto negativo en las personas, se reguló su uso y restringió a la hora de utilizarlo industrialmente en aceites refrigerantes. Éste era el gran contaminante presente en los transformadores.

Posee dos puestas a tierra y cuenta con una válvula de seguridad que vacía automáticamente de aceite al transformador, en caso de detectar una carga eléctrica en la cuba.

En régimen de trabajo, el transformador adquiere temperaturas muy elevadas, al punto que el aceite requiere un espacio para expandirse. Para tal efecto, la estructura del transformador,

cuenta con una cuba en su parte superior y permite que el transformador no se vea sometido a una presión para la que no fue diseñado.

1.3.2. Rieles de apoyo

Los transformadores se apoyan sobre vigas que atraviesan todo el foso y la calzada de hormigón.

Tienen una nivelación muy precisa, debido a que una pequeña inclinación o desviación puede hacer que el transformador se desplace, se trabe o incluso que se descalce y caiga al foso

Como anexo a la estructura de base del transformador, se cuenta con un macizo de hormigón donde se puede posicionar un malacate para desplazar al transformador sobre los rieles. Se encuentra entre los rieles, en el lado opuesto de la calle.

Se coloca un caño cortado a la mitad o algún dispositivo aislante entre las ruedas y el riel (**Figura 4**), para evitar que corrientes perdidas entren en contacto con la cuba del transformador y se active accidentalmente la válvula de seguridad.



Figura 4: Aisladores en apoyos del transformador

1.3.3. Caminos

Tienen el objetivo de ofrecer acceso seguro a los transformadores, equipos y máquinas al interior de la estación. Además, que pueda ingresar equipo de mantenimiento a todas las partes de la planta

Son de hormigón armado. El principal tiene entre 8 y 10 m, los secundarios tienen 5 m aproximadamente.

1.3.4. Generalidades del predio

1.3.4.1. Potencia aparente

Hay dos transformadores de 30 MVA de potencia aparente, de aquí que afirmamos que la estación provee de 60 MVA a la red. Hay además un tercer transformador, en espera de ser retirado, dispuesto al final del camino principal, como se observa en la **Figura 5**.



Figura 5: Transformadores de la ET

1.3.4.2. Elementos especiales

El interruptor unitripolar (**Figura 6**) es un elemento capaz de generar un golpe instantáneo de gran magnitud por medio de un artefacto hidráulico. Se hizo especial hincapié en revisar las cimentaciones adecuadas para éste.



Figura 6: Interruptor unitripolar

Otro elemento que puede que requiera especial atención en las bases es el reactor de neutro.

1.3.4.3. Malla de puesta a tierra

Prácticamente todos los elementos de la ET están provistos de una puesta a tierra global por medio de una malla de puesta a tierra (PAT), situada a 1,20 m bajo el nivel de superficie terminado. Ésta es una malla conformada por cable de cobre pelado, unida por medio de soldaduras exotérmicas.

1.3.4.4. Cañeros

Las conexiones entre elementos se hacen por medio de cables subterráneos que se alojan en caños. A su vez, estos caños se emplazan en los espacios previstos llamados cañeros.

Los caños son inaccesibles, salvo por sus extremos (**Figura 7**), lo que dificulta la operación y mantenimiento.



Figura 7: Acceso a los cañeros

Otro inconveniente de los caños es que son un hábitat ideal para las insectos y roedores

Los problemas que presentan estos cañeros podrían ser resueltos utilizando en su lugar nichos (o pasillos) de hormigón armado con tapas de hormigón premoldeado.

Los días de lluvias intensas, inundan la totalidad de los cañeros. Si bien la ET sigue operable, esto supone un riesgo importante a tener en cuenta. Si se mantiene seca la instalación subterránea, se puede tener un control más estricto y seguro.

1.3.4.5. Iluminación

La planta se mantiene operable las 24 horas del día, por lo que es crucial la necesidad de iluminación en el predio. Para esto, cuenta con torres de iluminación (**Figura 8**) con acceso por medio de una escalera para poder cambiar las luminarias, de ser necesario.



Figura 8: Torre de iluminación

1.3.5. Instalaciones complementarias

1.3.5.1. Soporte para incendio

La ET cuenta con una red de agua presurizada, para servir a los bomberos en caso de incendio.

Una vez iniciado un incendio, es prácticamente imposible extinguir el foco, debido a la gran cantidad de material combustible presentes en los transformadores. Entonces, el objetivo

frente a esta situación es contener el fuego dentro del área de los transformadores y que no logre esparcirse y producir pérdidas materiales.

Las instalaciones complementarias están emplazadas respetando un radio de riesgo de incendio de 50 m alrededor de los transformadores.

1.3.5.2. Edificio de comando

Los locales presentes en el edificio de comando de la ET son: sala de comando, sala de comunicaciones, sala de baterías, baño, cocina, sala para el sereno y un depósito de máquinas y herramientas.

Las ventanas de la sala de comando tienen el nivel de antepecho por sobre el nivel de la visual de los operarios, lo que implica que no puedan ver lo que sucede en el patio. Se hizo mención a este inconveniente ya que, como contraste, en la ET Rafaela Oeste las ventanas son amplias y la sala se encuentra en un nivel superior. Sin embargo, la justificación de esta circunstancia es que, por proyecto, esta ET no iba a tener personal operativo.

Se requiere una buena ventilación y accesibilidad a la sala de baterías, para mantenimiento y operación más cómoda y segura.

La idea original del proyecto era que sea una estación que se controle remotamente, lo cual no sucedió. Esto es la principal causa de los problemas enumerados previamente.

1.4. ANÁLISIS DE POSIBLES UBICACIONES Y SU IMPACTO EN LA CIUDAD

Si bien la premisa de este trabajo es proyectar una SET en el norte de la ciudad de Rafaela, no está de más estudiar su razón, y en concreto, analizar las posibles ubicaciones.

Se puede obtener la ubicación ideal para la ET por baricentro de solicitación, pero existen dos grandes condicionantes: la línea de 132 kV que alimenta la T, que no debe encontrarse a una gran distancia; y el terreno, que debe ser de aproximadamente una hectárea y encontrarse fuera del casco urbano.

Entonces, para esto se llevó a cabo un trabajo de investigación en el área SITE-Gis de la EPE, donde se extrajeron los mapas utilizados en los anexos A01, A02, A03, A05 y A06.

También se trabajó con el código urbano municipal (ORDENANZA 4170, 2008), con el objetivo de determinar un terreno acorde a las necesidades de la ciudad y que cumpla con las normativas vigentes.

1.4.1. Necesidad de una ET en el norte

Basado en el anexo A01, se puede observar claramente cómo la situación en Rafaela está desbalanceada, con las ET sur y la ET oeste, ubicadas hacia el sur de la ciudad. Esto hace que la prestación del servicio de la EPE se dificulte y se deba recurrir a soluciones poco eficientes y costosas, como tendido de redes de MT de 33 kV o de 13,2 kV para llegar a lugares relativamente lejanos.

Si en cambio, se monta una ET o estación de rebaje 132-33-13,2 kV en la zona norte de la ciudad, se lograría una reducción importante en la demanda de las ET restantes y se garantizaría la calidad del servicio a esta importante región de la ciudad, donde se encuentra el futuro hospital, GUR, el parque industrial, el PAER, cientos de habitantes y gran cantidad de PyMEs, sin contar la previsión de crecimiento futuro.

1.4.2. Límites establecidos

El límite que se establece en el anexo A01 para determinar área de estudio se plantea en el norte de la ciudad por las necesidades ya planteadas y con la idea de que la ET no se

encuentre demasiado alejada de la red de alta tensión actual. Cabe aclarar que, en este proyecto, no se contempla la obra de desvío de red de 132 kV necesaria para conectar a la red la obra

El área de estudio tiene entonces como límites periféricos las calles: Av. Gabriel Maggi – Emiliano Cerdan por el sur; la continuación de la calle Joaquín V. Gonzales por el este; la nueva traza para la ruta nacional 34 por el oeste; y al norte con la Camino público N° 5 – Ing. E. C. Ricotti, lindante con el autódromo de la ciudad de Rafaela.

1.4.3. Investigación de los terrenos ubicados dentro del límite

Los datos recuperados del GIS, provenientes de catastro de la provincia, son los siguientes: partida inmobiliaria; ubicación; distrito; propietario; domicilio legal; DNI; superficie; zona. Todos estos datos se encuentran como atributos de cada terreno en el GIS.

Con estos datos, se confeccionó una tabla para una mejor lectura y análisis de los mismos y se le asignó a cada terreno un número, como se ve en los anexos A02, A03 y A04.

A continuación, se enumeran los factores más importantes que fueron tenidos en cuenta a la hora de decidir sobre qué terreno trabajar.

1.4.3.1. Superficie

Para elegir un terreno, se debe tener en cuenta primeramente la superficie del mismo, la cual tiene que ser de aproximadamente una hectárea. Esto implica que, si bien se podrían expropiar dos terrenos colindantes, es preferible que sea de un único propietario. Por esta razón, se enumeraron y analizaron solo terrenos de grandes dimensiones.

1.4.3.2. Propietario

Se descartan todos los terrenos cuyos propietarios sean personas físicas, con el objetivo de identificar los terrenos que pertenecen al estado, ya sea nacional, provincial o municipal.

Aquí se identifican 6 terrenos con la potencialidad de alojar la obra: 5 pertenecientes al municipio, los terrenos 47, 50, 51, 64 y 65; y uno al gobierno provincial, el número 57. Se pueden encontrar en los anexos A03 a los tres primeros y A04 a los restantes.

1.4.3.3. Ubicación

Los terrenos 47, 50 y 51 son colindantes y se ubican al norte del barrio Monseñor Zaspe. Los tres se encuentran en zona rural, lo que puede traer algunas complicaciones burocráticas. De ellos se elige el 51, ya que es el más cercano a la zona urbana y es el de dimensiones más acordes a éste proyecto.

Los terrenos 57, 64 y 65 se encuentran en el sector noroeste del PAER, dentro de la traza urbana de la ciudad. De ellos se elige el 57, por ser el que menos impacto trae aparejado a la zona y el de mejor acceso.

Por otro lado, teniendo en cuenta el código urbano de la ciudad de Rafaela, podemos analizar su ubicación respecto a los usos de suelo (**Figura 9**) y a los tejidos urbanos establecidos (**Figura 10**). En ambas figuras se han indicado las posibles ubicaciones encerradas en círculos.

En el caso de la opción A: terreno 57, encontramos que el terreno está sobre suelo urbanizado, en la zona restringida para uso económico. Todo a su alrededor, hay una gran cantidad de parcelas como suelo programado. Hacia el oeste también como zona restringida de uso económico, pero hacia el norte como uso habitacional. Se puede concluir que claramente será una zona con alto crecimiento y desarrollo.

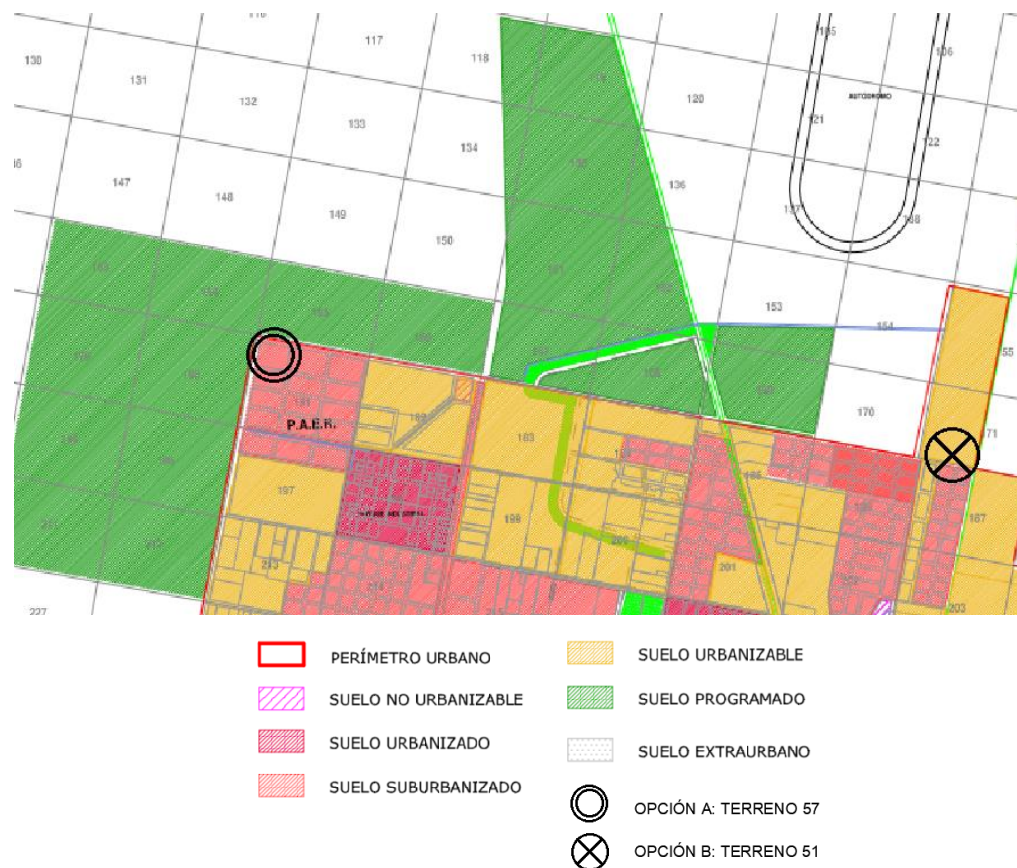


Figura 9: Posibles ubicaciones de ET norte respecto al plano de clasificación de suelos del código urbano municipal
 Fuente: Modificado de ORDENANZA 4508 (2012)

Luego, la opción B: terreno 51, se encuentra sobre suelo urbanizable (aún no ha sido urbanizado) y particularmente una zona programada para uso restringido habitacional. Si bien la idea de ubicarlo aquí por las condiciones que se desarrollan a continuación, en el punto 1.4.3.4, son justificables, por el lado del uso del suelo y respecto al código urbano municipal, no parece una buena decisión.

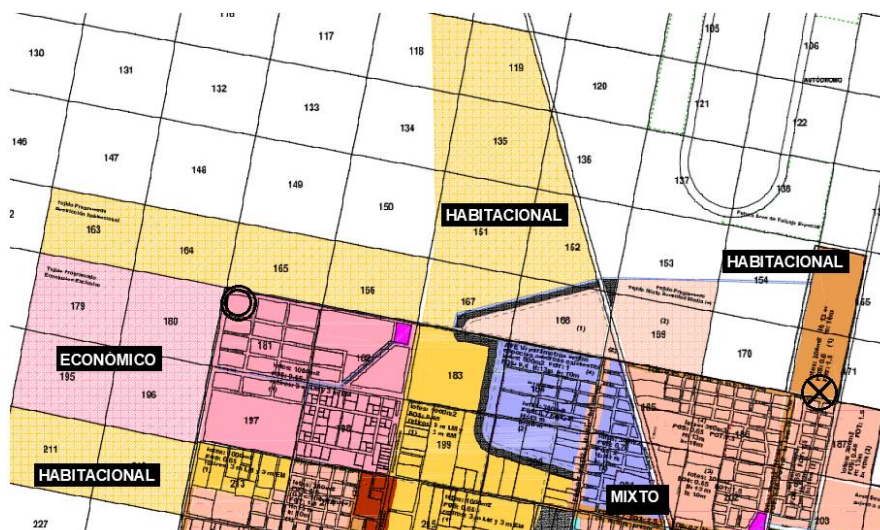


Figura 10: Posibles ubicaciones de ET norte respecto al plano de tejidos urbanos del código urbano municipal
 Fuente: Modificado de ORDENANZA 4508 (2012)

1.4.3.4. Distancia a la red de alta tensión

EPE tiene proyectado para un futuro generar un anillo que unifique la ET Norte con la ET sur, mediante una red de AT que pase por el este de la ciudad, con la idea de puentear cualquier ET sin necesidad de desabastecer de energía eléctrica la red aguas abajo. Para esta situación, la opción de terreno más indicada es el número 51. En el anexo A01 se puede ver como un círculo con una cruz.

Además, en ese caso, es necesario atravesar la ruta nacional 34, el ferrocarril General Mitre y prácticamente toda la ciudad en dirección oeste-este, donde hay avenidas importantes, zonas urbanas habitacionales, zonas de parque y de servicios de la salud y más.

Por otro lado, el terreno 57, se encuentra considerablemente más cerca de la red de AT, lo que implica un ahorro importante de dinero e infraestructura. Sumado a esto, no hay que atravesar ninguna vía de comunicación importante y el impacto de la obra de conexión es irrelevante para la sociedad.

1.4.3.5. Situación actual de los terrenos

El terreno 51 anteriormente se utilizaba, en un área, como vertedero a cielo abierto. Esto puede traer aparejado una muy mala calidad de suelos.

Mientras, el terreno 57, actualmente cuenta con un gran porcentaje de terreno natural y en su esquina suroeste se encuentra montada una estación de rebaje de 33kV a 13,2 kV de la EPE.

Llegado este punto, es inevitable inclinarse por la opción A: terreno 57.

1.4.4. Conclusión

Se concluye que el terreno idóneo para montar la estructura de la ET Rafaela norte es el que corresponde al número 57 del anexo A04.

El terreno tiene las dimensiones adecuadas para este proyecto y pertenece al gobierno provincial, del cual depende EPE, por lo que se supone que será un trámite accesible.

Si bien se encuentra dentro el casco urbano de la ciudad, lo cual no es recomendable, ésta no es zona habitacional ni comercial, sino económica, lo que justifica la elección. Además, se encuentra separada de la futura zona habitacional, hacia el norte, por una calle importante. Sumado a esto, se encuentra muy cercana a la traza actual de la red de AT, lo que disminuye costos de conexión.

Por último, el terreno cuenta con instalaciones de EPE que pueden ser aprovechadas y parte del terreno ya fue compactado y nivelado.

Cabe aclarar que luego de haber hecho este análisis, se realizó una breve investigación con diversos empleados de EPE Rafaela, quienes coincidieron con esta conclusión y ratificaron que la empresa tiene intenciones de llevar a cabo allí la obra.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA A UTILIZAR

En este capítulo se plantean las técnicas y métodos constructivos, maquinarias, propiedades de materiales y particularidades de elementos prefabricados, necesarios para llevar a cabo una obra de estas características. Además, se describen brevemente las características de las instalaciones complementarias a la obra principal.

Se desarrolla usando como referencias principales los legajos de las obras de estaciones transformadoras en la ciudad de Santo Tomé (OBRA E-188, 1996) y en la ciudad de Rafaela (OBRA E-222, 1998)

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Limpieza del terreno

Se debe proceder a la limpieza superficial y desmalezado de todo el predio destinado a la ejecución de las obras, incluyendo las cunetas y áreas circundantes al predio. Con esto, se incluye la erradicación y desarraigo de malezas, arbustos, tierra y/o remoción de escombros existentes, la destrucción de hormigueros y cuevas de roedores.

Todos los huecos y bajos del terreno, se deben rellenar con material apto y debidamente compactado hasta obtener un valor soporte y de densidad similar al del terreno adyacente. Esto, en caso de encontrarse bajo la cota de desmonte, ya que todo el suelo que se encuentra sobre esta cota debe ser retirado y tratado

Si existieran en el predio pozos negros, absorbentes o aljibes, se debe rellenar con suelo-cemento (suelo apto + 8 % en cemento del peso del suelo), compactándose adecuadamente en capas hasta obtener una resistencia mayor o igual a la del terreno circundante. Previamente y de ser necesario, se debe desagotar y desinfectar por medio de cal viva.

Todos los residuos generados, escombros y desperdicios, deben ser retirados del predio de acuerdo con los reglamentos vigentes de la Municipalidad de Rafaela.

Esta etapa también incluye la excavación de zanjas para desagüe del agua proveniente de precipitación pluvial que pudiera invadir el área de las obras, por precipitación directa o por entradas desde terrenos lindantes.

2.1.2. Obrador

Una vez finalizadas las tareas de limpieza y previo a iniciar los trabajos de replanteo, se procede a la instalación del obrador.

El lugar de ubicación del mismo debe ser de fácil acceso desde la vía pública y no debe obstruir la circulación y normal desarrollo de las tareas a realizar.

El obrador se compone por galpones, casillas, oficinas, depósitos, planta de doblado de hierro, de encofrados, primeros auxilios, vestuarios y todo lo necesario para el correcto funcionamiento de la obra.

Las instalaciones se deben construir de manera tal que garanticen la buena conservación de los materiales.

En el obrador se debe encontrar copia de toda la documentación de obra como ser pliego, planos y libro de órdenes de servicios.

2.1.3. Replanteo

Previo a que se avance con la obra, se realizan las tareas de replanteo. En primera instancia, se verifican las medidas del terreno y notificar cualquier diferencia encontrada, tanto en los ángulos como en las longitudes, con los planos de construcción y replanteo.

Se trazan los ejes de replanteo, considerando que su ubicación no interfiera a los procesos de construcción. Esto para garantizar que se conserven inmóviles durante toda la obra.

Luego, se colocan las marcas, mojones y puntos fijos que definan los niveles y límites del terreno. Además, se indica la posición exacta de las estructuras por medio de caballetes e hilo.

Es necesario contar con los instrumentos, equipos, herramientas y personal necesario para realizar las operaciones de replanteo, alineación y nivelación.

Para fijar un plano cuya cota se considere la referencia para el resto de los niveles de la obra, se ejecuta en un lugar poco frecuentado de la obra, un pilar de mampostería de ladrillos comunes, de 0,30 x 0,30 m, con mortero $\frac{1}{2}:1:4$ (media parte de cemento portland, una parte de cal hidráulica en polvo y cuatro partes de arena mediana). En la parte superior se empotra un bulón de tal forma que su cabeza quede al ras con la mampostería.

Al iniciarse la obra se determina la cota de la cara superior del bulón y luego, todos los niveles se plantean referidos a dicha cota.

2.1.4. Deforestación y parqueización

Si se encuentra alguna especie arbórea que estorbe o no sea contemplada en el proyecto, se procede a extraerla.

En las playas, donde no hay hormigón en la superficie, se dispone una capa de 10 cm de tierra vegetal, libre de malezas, cascotes y escombros.

El relleno de tierra vegetal se perfila de tal manera que garantice el escurrimiento indicado, por medio de suaves pendientes sin resaltos ni ondulaciones. De esta manera, se promueve el crecimiento de gramilla natural en toda la superficie del predio.

2.2. SUELOS

2.2.1. Estudio geotécnico

Es la suma de las observaciones y conclusiones que se alcanzan a partir del informe geotécnico. Este informe es elaborado por profesionales capacitados en base a las muestras de suelo y los ensayos que se requieran.

A continuación, se enumeran los objetivos principales a los que debe llegar el estudio geotécnico:

- conocer la naturaleza de los suelos o rocas que forman el terreno, las dimensiones y la disposición de los distintos estratos, su deformabilidad y resistencia;

- conocer la permeabilidad del terreno y las condiciones hidrogeológicas, como el nivel freático y sus variaciones;

- detectar la posible presencia de formaciones estructuralmente inestables tales como arcillas expansivas, suelos colapsables, licuables, rellenos mal compactados o suelos solubles;

- averiguar la eventual agresividad de los componentes químicos de las aguas freáticas o del suelo a los materiales de construcción;

- conocer la experiencia constructiva local en lo que se refiere a excavaciones, taludes, muros o estructuras de contención, tipos y profundidades habituales de fundación;

investigar los posibles accidentes durante la construcción de obras similares, en relación con el terreno, tales como desprendimientos en excavaciones no entibadas por alteración de los suelos expuestos al aire u otras causas, roturas de entibaciones, socavaciones entre otros problemas.

2.2.1.1. Informe geotécnico

A continuación se enumera, según la ETN 40 (p. 22), la información mínima que debe contener el informe geotécnico para poder realizar un correcto estudio geotécnico: métodos, técnicas y/o instrumento con que se realizaron las prospecciones; fórmulas y teorías con las que se realizaron los cálculos para relacionar los parámetros medidos con parámetros teóricos informados; ubicación de las prospecciones, georreferenciadas; descripción del perfil estratigráfico; granulometría; límites de Atterberg; clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); densidad natural; ensayos triaxiales, parámetros de corte totales; capacidad de carga y tensión admisible; indicar claramente el coeficiente de seguridad adoptado; coeficiente de balasto; ubicación de la napa freática.

Además, se agrega: en el caso de necesitar un nivel de compactación determinado (por ej. en subrasante de pavimentos) se debe informar la densidad máxima y el contenido de humedad óptimo según el ensayo Proctor correspondiente; en caso de suelos agresivos, se debe informar pH, contenido de Sulfatos, Cloruros, como mínimo; recomendaciones sobre el tipo de fundación más conveniente a ejecutar

2.2.2. Movimiento de suelos

Dentro de este rubro, se incluyen los retiros de suelos que surjan de los planos de nivelación, la provisión de suelo de aporte, equipos, herramienta y mano de obra correspondiente a las operaciones de humectación, compactación y terminación.

Debido a que en las ETs existen altas tensiones, el perfil del suelo debe ser lo más homogéneo posible. Esto es para evitar generar indeseables puntos de menor resistencia eléctrica, donde es más propicia una descarga a tierra no deseada, con el potencial riesgo de electrocución para los operarios y de incendio de la planta.

Entonces, una vez finalizadas las tareas de limpieza superficial, se procede a efectuar los desmontes y terraplenamientos de todo el predio, retirando la capa de tierra vegetal, de 30 cm. Luego, se rellena en forma generalizada hasta alcanzar las cotas de proyecto, descontando, donde el proyecto lo requiera, 10 cm para rellenar con suelo fértil.

Las pendientes que resulten de la terminación de los terraplenamientos, se orientan hacia las cunetas exteriores existentes, asegurándose el buen escurrimiento de las aguas.

2.2.3. Relleno y compactación

El relleno se efectúa con suelos seleccionados libres de arbustos, raíces, escombros y todo tipo de materia orgánica. Luego con un rodillo pata de cabra, se compacta en espesores no superiores a 20 cm por capa y humedad cercana a la óptima.

Cada una de las capas se somete a un ensayo de Proctor Standard (AASHTO T-99, 2019), para suelos A6 y A7; y Proctor Modificado (AASHTO T-180, 2019) para suelos A1, A2, A3, A4 y A5 según clasificación vial H.R.B. La compactación en obra debe alcanzar el 90 % del valor obtenido en laboratorio o 95 % en el segundo caso.

No se usa, como material de relleno, todo suelo vegetal que sea extraído de las excavaciones, como así mismo el suelo saturado como consecuencia de precipitaciones pluviales.

Cuando la capa sea defectuosa, se debe remover y rehacer la totalidad de la misma. Se considera defectuosa toda capa que no haya alcanzado el grado de compactación exigido o haya sido deteriorada por lluvias, sol excesivo o circulación de agua o vehículos.

Todas las zonas que hayan quedado sin rellenar en esta etapa, se llevan a cabo usando compactadores mecánicos manuales, manteniéndose las exigencias de densidad.

Los métodos empleados para la compactación de suelos dependen del tipo de materiales con que se trabaje en cada caso. Pero en general, emplean cuatro métodos principales de compactación:

1) Compactación estática por presión: La compactación se logra utilizando una maquina pesada, cuyo peso comprime las partículas del suelo, sin necesidad de movimiento vibratorio. Rodillo estático.

2) Compactación por impacto: La compactación es producida por una placa apisonadora con golpes y se separa del suelo a alta velocidad. Por ejemplo, un apisonador (impacto).

3) Compactación por vibración: La compactación se logra aplicando al suelo vibraciones de alta frecuencia por ejemplo placa o rodillos vibratorios.

4) Compactación por amasado: La compactación se logra aplicando al suelo altas presiones distribuidas en áreas más pequeñas que los rodillos lisos. Ejemplo rodillo pata de cabra.

2.2.4. Excavaciones

Dentro de esta etapa, se incluyen las excavaciones correspondientes a las fundaciones, cañeros, canales, al sistema de puesta a tierra y todo aquello que lo requiera. Además, se incluye el trabajo correspondiente a la extracción y retiro del material sobrante y al relleno y compactación de los huecos que quedaren después de la ejecución de las estructuras de hormigón

Siempre que la excavación corresponda a una fundación de hormigón, se debe tener especial cuidado con no excederse en las dimensiones de la misma. Aquí la excavación cumple el rol de encofrado perdido. Si se diera el caso, el incremento de volumen de la excavación implicaría un mayor volumen de hormigón y en consecuencia una estructura cara. Entonces, si se generan derrumbes o negligencias en el proceso de excavación, que generen diferencias significativas, podría convenir restablecer la zanja.

Todas las excavaciones deben tener el fondo perfectamente nivelado y compactado. En ocasiones, puede que se requiera un hormigón de limpieza (o de fondo), o bien, una cama de arena de 5 cm de espesor.

Además, se debe tener precaución de que no se inunden las zanjas porque puede alterarse la resistencia del terreno. En el caso que esto suceda, hay que reestablecer la cota firme de apoyo. Una forma de evitar ese problema es realizar el hormigonado cuanto antes sea posible.

Si al efectuarse la excavación aparece agua, hay que tomar los recaudos necesarios para eliminarla y efectuar la depresión de la napa mediante bombas para seguir con la prosecución de los trabajos de manera normal.

En última instancia, los huecos y zanjas que queden después de la ejecución de las estructuras de hormigón, se rellenan hasta restituir el nivel de proyecto. El relleno se realiza con material seleccionado y compactado en capas no superiores a 15 cm utilizando medios mecánicos.

Los excedentes de las excavaciones se pueden emplear en obra para emparejamiento donde sea necesario. El suelo que no esté en condiciones o sea sobrante se dispone como residuo, debiéndose retirar de la obra, como se indica en **2.1.1**.

2.3. CAMINOS DE HORMIGÓN

Una vez terminados los trabajos de nivelación, preparación y compactación de suelos de la manera indicada en **2.2.2** y antes de proceder al relleno con suelo vegetal en las áreas que

así lo requieran, se realizan los caminos del predio con un pavimento de hormigón simple, cuyo recorrido, dimensiones y características es el indicado en los planos de proyecto.

Para llevar adelante este camino se diseña como una calzada rígida. Esto, implica contar con una subrasante con suelo de buena calidad, luego una sub-base y por último una carpeta de rodamiento (calzada) de hormigón simple.

2.3.1. Subrasante

La mayor parte de la superficie del terreno se somete a un proceso de rellenado y compactado con suelo de primera calidad, como indica el punto **2.2.3**, por lo que se considera un buen suelo para trabajar, incluso se puede evaluar utilizar como subrasante. Para ello, se realizan las determinaciones necesarias de laboratorio para verificar el grado de compactación de los suelos.

En el caso de que se compruebe una buena compactación de suelo, se procede a abrir una caja de 15 cm de profundidad, cuya superficie conforma el apoyo de la sub-base. En caso contrario, debe realizarse nuevamente la cota de la subrasante.

Para ello, se escarifica el terreno hasta una profundidad de 30 cm y luego desmenuzarlo hasta llegar a obtener un suelo suelto, libre de terrones y que no impida realizar una buena compactación.

La compactación se lleva a cabo con sucesivas pasadas del rodillo pata de cabra, para finalizar con rodillos neumáticos, los cuales se pasan cuando la penetración de las salientes del rodillo pata de cabra no es de más de 3 a 4 cm.

En los lugares de donde el empleo del rodillo no sea posible o su trabajo no resulte lo suficientemente eficaz, como ser en los encuentros con algún otro pavimento, o en algún rincón o esquina del mismo, se utiliza un vibrocompactador manual por capas del espesor especificado, humedeciéndose el suelo lo suficiente como para asegurar su compactación a la densidad establecida.

El espesor final, dado por el perfilado de la capa por medio de una motoniveladora, debe ser uniforme y de 15 cm. El perfilado debe garantizar además una superficie lisa y libre de irregularidades

2.3.2. Sub-base suelo cemento

2.3.2.1. Materiales

Para la realización de la sub-base de suelo cemento, se utilizan materiales de las siguientes características:

cemento: debe ser Cemento Portland y que cumpla con lo establecido en la Norma Cementos para uso general (IRAM 50000, 2017); en el caso de la existencia de suelos agresivos se propone el uso de cementos resistentes a cada tipo de éstos según lo indicado por el reglamento argentino de estructuras de hormigón (CIRSOC 201, 2005);

suelo: debe ser seleccionado, calcáreo de consistencia no plástica, en caso de que sea necesario, puede utilizarse suelo del lugar mezclado con arena, el cual no puede contener matas, raíces ni otras materias extrañas y debe ser perfectamente homogéneo. Además, siempre debe cumplir los siguientes requisitos: CBR. Mayor a 20 %; pasante # 200 menor a 35 %; LL. Menor a 30 %; IP Menor a 6 %;

agua: sin sales, aceites, ácidos, materias orgánicas o cualquier otra sustancia perjudicial para el cemento Portland. Éstas son condiciones que cumplen las aguas potables.

2.3.2.2. Mezcla

Los suelos que se utilicen para la construcción de la sub-base se pulverizan hasta que cumplan las siguientes condiciones al ser ensayado mediante tamices y cribas de aberturas cuadradas de la serie IRAM: 100% pasa tamiz 25mm; más del 80% pasa tamiz N° 4; más del 60% pasa tamiz N° 10.

Se coloca el suelo en las superficies que corresponda y junto, se dispone del cemento de tal manera que, en la mezcla final, represente un 10% de volumen de la misma.

Para la mezcla de los materiales se emplean elementos mecánicos capaces de proporcionar una mezcla homogénea. Se pueden utilizar motoniveladoras, siempre que los materiales queden íntimamente mezclados, y se continúa mezclando hasta obtener un aspecto uniforme.

Para control de la mezcla, en laboratorio se determina la máxima densidad para una humedad óptima con el ensayo Proctor Modificado (AASHTO T-180, 2019) y en obra se exige el 95 % del valor obtenido en laboratorio.

La resistencia puede verificar confeccionando probetas cilíndricas con la mezcla a colocar en la caja, las cuales deben ser curadas durante 7 días en cámara húmeda y posteriormente se someten a ensayo de compresión simple (no confinada). Estas probetas son de 10 cm de diámetro y 10 cm de altura. La resistencia a la rotura de la mezcla en este ensayo debe ser superior a 20 kg/cm².

2.3.2.3. Disposición y compactación

El espesor de la capa de sub-base es de 15cm y se controla efectuando frecuentes mediciones, procediéndose a rectificarlo antes de iniciar los trabajos de compactación.

Los materiales se distribuyen en franjas cuyo ancho esté de acuerdo con los equipos empleados.

Antes de efectuar la compactación se deben tomar muestras de la mezcla, por lo menos cada 1000 metros cuadrados y por lo menos dos por día de trabajo. Con esas muestras se realizan los ensayos de compactación.

Una vez corregida la humedad y el espesor de cada capa, se procede a compactar el material hasta obtener las condiciones de densidad establecidas. Para efectuar la compactación, en primer término, se puede utilizar el rodillo "pata de cabra", hasta llegar a 4 cm de la superficie de la capa, y se termina la compactación con rodillos neumáticos. En todo momento se efectúan los riegos de agua necesarios para mantener la humedad requerida.

La finalización de los trabajos de compactación de cada franja se debe realizar en un tiempo no mayor a cuatro horas desde el tiempo de incorporación del cemento.

Al final de cada día de trabajo se confecciona una junta de construcción, cortando los bordes transversal y longitudinal de la capa construida, a fin de que aparezca una superficie vertical nítida, libre de material que no esté fuertemente adherido.

2.3.2.4. Control de la capa terminada

Para el control del grado de compactación de la sub-base se determina el peso específico aparente, efectuando ensayos a razón de uno por lo menos cada 500 m² de superficie, alternando regularmente la determinación en las distintas franjas que la forman.

En los lugares donde se determine el peso específico aparente de la mezcla, se mide el espesor resultante y no se admite en ninguna parte un espesor menor a 15 cm.

La lisura superficial de la sub-base se controla con una regla recta de 3 m de largo, colocada paralelamente al eje del camino y un gálbo colocado transversalmente al mismo, en ningún lugar se admiten depresiones de más de 3 cm.

Si después de las cuatro horas de disposición y compactación no se han obtenido las condiciones de compactación y lisura requeridas, se debe demoler y reconstruir la parte defectuosa.

2.3.2.5. Curado

Luego de ejecutados los trabajos de compactación, la superficie de la capa se mantiene mojada mediante riegos de agua durante 48 horas. A continuación, se efectúa el curado de dicha capa, cubriendo toda la superficie con asfalto diluido de curado rápido, a razón de 1,00 lt/m².

El curado se mantiene por un lapso no menor a 7 días. En el caso que la sub-base deba ser transitada durante este período se coloca una capa de arena para que no sea afectada por el tránsito de obra.

2.3.3. Pavimento de hormigón

Completados los trabajos de nivelación, preparación de la subrasante y sub-base de suelo cemento, se procede a la ejecución del pavimento de hormigón simple, cuyas medidas, cotas y características se encuentran en los planos respectivos.

2.3.3.1. Materiales

El hormigón se constituye por una mezcla homogénea de los siguientes materiales: agua, cemento Portland Normal, agregado fino, agregado grueso y aditivo en caso de ser necesario. Todos los materiales deben cumplir con los requisitos que se plantean en el punto 2.5.

La dosificación de la mezcla que se utiliza para la confección del hormigón, debe garantizar un hormigón de calidad, con una resistencia característica mínima de 150 kg/cm² y una cantidad de cemento no menor de 350 kg/m³ de hormigón.

Los pasadores y barras de unión son de acero dulce liso cuyas características se detallan más adelante.

Para la membrana de curado, se emplea un film de polietileno, del tipo denominado cristal verde de 20 micrones y puede utilizarse una sola vez.

Para el sellado de juntas, se propone material asfáltico o termoplástico, para aplicación en caliente. No se puede usar asfaltos tipo Asfasol ni brea mezclada con arena.

2.3.3.2. Colocación de moldes y manto de arena

Los moldes deben ser de acero, de una longitud mínima de 2,50 metros, rectos y libres de torceduras en cualquier sentido y sus dimensiones deben ser tales que respondan estrictamente al perfil de la calzada. Además de una rigidez tal que soporten el peso y la vibración de la regla enrasadora sin deformarse y sin perder la alineación y cota.

Para la fijación de los mismos al terreno se utilizan estacas de acero, de longitud y diámetro adecuado, de manera tal que no sufran movimientos o asientos durante las operaciones de construcción y terminado del pavimento.

Los moldes deben limpiarse completamente y en cada nuevo uso se debe utilizar desmoldante, que no afecte el medioambiente. Evitar el uso de aceites minerales que sean contaminantes

Previo a la colocación del hormigón y después de aprobada la sub-base, se dispone sobre ésta una capa de entre 2 y 3 cm de arena gruesa, perfectamente humedecida, uniforme en todo el ancho de la calzada.

El objetivo de esta capa de arena es evitar que la base extraiga el agua de amasado del hormigón.

2.3.3.3. Disposición y compactación del hormigón

El hormigón se vierte sobre el manto de arena de tal manera que requiera el mínimo de manipuleo posible y se avanza en el sentido del eje de la calzada. Se extiende con palas en todo el ancho de la calzada y en un espesor algo mayor que la altura del pavimento (15 cm).

El hormigonado debe ser continuo. Esto implica que no debe haber interrupciones de más de 30 minutos entre dos pastones, ya que desde que el hormigón se halla depositado hasta el término de las operaciones, no deben transcurrir más de 35 a 40 minutos. Si esto sucede debido a causas de fuerza mayor, tales como lluvias torrenciales, roturas de equipo u otros factores de fuerza mayor, se debe construir en el lugar, en coincidencia con la junta transversal, una junta de trabajo.

Antes de proceder a la compactación, se debe colocar todo elemento constructivo necesario, como pasadores o armaduras para control de fisuras. Dicha armadura se coloca en el tercio superior y es una malla de acero soldada.

Una vez dispuesto, nivelado aproximadamente, ubicados los pasadores y colocado la armadura en el caso que corresponda se compacta utilizando reglas vibratoras. Éstas deben estar en condiciones óptimas y deben tener un peso tal que permita un trabajo siempre con un centímetro de hormigón por sobre la línea inferior de la misma, a fin de permitir una mejor vibración.

En este punto se conforma la sección transversal con su respectiva pendiente.

2.3.3.4. Terminación superficial

Terminada la operación anterior, se alisa la superficie del hormigón con una correa de longitud mayor del ancho de pavimento y de 15 cm de ancho. Dicha correa es de una combinación de lana y goma, y debe mantenerse limpia y lubricarse tantas veces como sea necesario, a criterio del jefe de obra. Esto, para lograr una terminación acorde a lo solicitado por la inspección de obra.

Como alternativa, o para obtener una terminación superficial de mejor calidad, se frata la superficie y posteriormente se remueven las huellas dejadas por el fratas.

El alisado se verifica por movimientos transversales y longitudinales de la correa, la cual es manipulada desde los laterales, para evitar que el operario pise la superficie tratada. Se hace una primera pasada cuando desaparece el agua libre superficial, haciéndola oscilar transversalmente unos 30 cm con un pequeño avance longitudinal. Antes de comenzar el fraguado inicial del hormigón se hace un pasado final de la correa, oscilando solamente unos 0,10 m en el sentido longitudinal.

Después de alisado se verifica la regularidad del perfil por medio de una regla, la cual se aplica paralelamente al eje de la calzada. Cualquier irregularidad que se note se corrige antes que se inicie el fraguado del hormigón.

No se permiten resaltes mayores a 3 mm. Los bordes de las juntas deben quedar a un mismo nivel.

2.3.3.5. Curado

Para proceder al curado del hormigón, se utiliza una membrana de curado (tipo film de polietileno). Debe ser del tipo denominado cristal verde de 20 micrones y sólo se utiliza una vez.

La película se extiende sobre el hormigón dentro de las 4 horas de haber concluido las operaciones de terminado y ni bien se observe que la superficie presente una apariencia opaca, indicador de que no queda agua en la superficie. La razón de esto es para evitar que el agua impida la adherencia de la pintura protectora.

En los lugares donde deban superponerse distintas porciones de película, deben solaparse convenientemente. Una vez extendida sobre la calzada se cubre con suelo seleccionado, tamizado y libre de partículas rocosas, en una capa de 5 cm de espesor.

La película se retira 14 días después de colocada, que es cuando finaliza el período de mayor susceptibilidad de evaporación de agua.

2.3.3.6. Control de calidad

Se ejecutan los ensayos necesarios para controlar la calidad de los materiales descriptos anteriormente y para verificar la resistencia característica de 15 MPa (150 kg/cm²) y una cantidad de cemento no menor de 350 kg/m³ de hormigón.

El hormigón debe tener una consistencia medida con el cono de Abrams de 3 a 5 cm.

Se debe calar en el hormigón endurecido, una vez transcurrido como mínimo el tiempo de curado, una probeta testigo de diámetro a definir (entre 7 y 15 cm) cada 100 m², con un mínimo de dos para la superficie total, las cuales se ensayan a compresión simple

Estas mismas probetas sirven como control del espesor hormigonado, que, en ningún caso, las alturas de testigos pueden ser menores al espesor teórico.

En caso de aparición de fisuras en las losas de hormigón se analizan las aberturas y profundidades de las mismas, debiendo rehacerse aquellas que a criterio de la Inspección no ofrezcan la garantía de un buen comportamiento en servicio.

Las pendientes especificadas deben ser respetadas evitando la acumulación de agua.

2.3.3.7. Juntas

La calzada de hormigón lleva juntas, descritas a continuación, cuya posición se especifica en los respectivos planos y se llevan a cabo según los detalles esquematizados en el plano de caminos P30

Se colocan juntas de contracción (A) considerando las distancias entre juntas de expansión en tramos iguales no mayores de 5,50 m. Son del tipo de ranura simulada con pasadores.

Las juntas de expansión o dilatación (B) se disponen cada 80 m. Se debe colocar en la junta un material premoldeado fibrobituminoso, donde se debe prever los agujeros para permitir la colocación de los pasadores. Además, se deben colocar cartuchos metálicos o de plástico duro, cuyo diámetro sea superior al de los pasadores a fin de facilitar el movimiento de los mismos dentro de la estructura.

Se construyen juntas de construcción al finalizar la labor diaria o cuando se interrumpe el hormigonado por más de 30 minutos. Deben encontrarse distanciada a 3 m como mínimo de cualquier otra junta, sea de contracción o de dilatación.

Se pueden formar como juntas por plano de debilitamiento. Para éstas, el hormigón debe ser aserrado hasta una profundidad de 1/3 del espesor y no puede ser inferior a 40 mm y su ancho no mayor de 9 mm. El aserrado se realiza dentro de las 8 y 12 horas después de haberse terminado el hormigonado de las losas.

Las juntas de expansión en contacto con estructuras (C), se forman alrededor de toda estructura, cuando éstas no formen parte integral de la losa. Tienen un espesor como mínimo de 1 cm.

Las juntas longitudinales (D) son aquellas a realizar en dirección paralela al eje del pavimento. Se deben tener los mismos cuidados que en las juntas transversales, pero no se emplean pasadores. El mecanismo de transferencia de cargas es simplemente por rugosidad del hormigón, pero puede usarse un molde que genera un encastre entre dos partes del pavimento.

Todas las juntas son rellenas y selladas con material bituminoso plástico. Para su relleno, se debe eliminar previamente cualquier resto de polvo que pueda haber quedado adherido a las paredes mediante un enérgico cepillado; luego se procede a imprimir la superficie perfectamente seca con un asfalto diluido tipo ER 1, de tal modo que el evaporado sea agua y no querosene, y posteriormente se coloca el producto destinado a juntas, cuidando que no rebase y que el material llene todo el espacio sin dejar aire ocluido, quedando la junta perfectamente enrasada.

2.3.3.8. Pasadores

Los pasadores se utilizan como vínculos entre los distintos paños del pavimento. Se emplean en las juntas de contracción y de expansión y para que funcionen correctamente, deben permitir el movimiento de los paños de forma independiente.

La forma de que esto se haga efectivo es realizando un empotramiento fijo en uno de los paños y libre en el otro; ello se logra engrasando una de las partes empotradas.

Todos los pasadores son de acero liso de 20 mm de diámetro y de 50 cm de largo, separados cada 40 cm.

La técnica empleada para colocar los pasadores debe garantizar la correcta alineación, horizontalidad y paralelismo para que estos cumplan con su cometido.

2.3.4. Pavimento acceso a transformador de potencia

El procedimiento para ejecución de este pavimento, tiene las mismas características constructivas que las detalladas en el punto 2.3. Se deben prever en su construcción los elementos de anclajes de rieles y soporte para malacate de tracción.

Se sigue el mismo lineamiento constructivo a los efectos de escurrimiento de las aguas respetándose y manteniéndose la continuidad de la forma, nivel y acabado superficial con el pavimento de hormigón simple.

Las barras requeridas, deben presentar su superficie limpia, libre de pintura, grasa o alguna sustancia que disminuya su adherencia con el hormigón. Debe asegurarse la correcta ubicación de la armadura, por medio de dispositivos de suspensión, que no pueden apoyarse en la subrasante.

Se debe evitar toda deformación de la armadura durante la distribución del hormigón.

2.4. MAQUINARIA

2.4.1. Vibro-compactador “Pata de cabra”

Esta máquina vibro-compactadora con pata de cabra (**Figura 11**), se encarga de compactar la tierra y utiliza dos recursos que le otorgan el nombre el gran peso del rodillo y la vibración que éste genera.

El rodillo es adaptable: posee anclajes que permiten que se use o no la pata de cabra, dejando un rodillo completamente liso. Cabe destacar, que el proceso de compactación de suelos, se ve mejorado por el uso de la pata de cabra. Esto se debe a que el gran peso de esta máquina es distribuido en superficies pequeñas, las puntas de tronco de cono que están solidarios al rodillo.

El tambor de acero está separado de la estructura de la máquina mediante separadores de goma, de manera que la vibración trabaje sobre el tambor y no sobre la cabina.

Entre el cuerpo de la máquina y el rodillo, posee un eje que la separa en dos posibilitando mejores maniobras.

Los rodillos “Pata de Cabra” empleados en la compactación tienen las características que se detallan a continuación:

largo mínimo de salientes de 0,15 m; superficie de compactación de cada saliente de entre 35 y 25 cm²; sep. entre salientes en cualquier dirección de entre 15 y 25 cm; sep. mínima entre filas de salientes que coinciden con una generatriz de 10 cm.



Figura 11: Vibro-compactador “pata de cabra”

2.4.2. Compactador neumático

Los rodillos “Neumáticos múltiples” empleados en la compactación son de uno o dos ejes con cuatro ruedas como mínimo y la presión de aire interior en los neumáticos debe ser de al menos de 70 libras por pulgada cuadrada (4,90 kg/cm²) permitiendo obtener una presión de llanta de 150 kg/cm de ancho.

2.4.3. Motoniveladora

La motoniveladora (**Figura 12**) es una máquina que se utiliza por excelencia en movimientos de suelo. Su función principal es nivelar, a criterio del conductor y de acuerdo a los proyectos, todo el terreno disponible para la obra.

Es capaz de repartir tierra hacia donde sea necesario, quitar de donde haya excedentes, nivelar terrenos, otorgar pendientes a caminos, generar taludes o perfiles de cunetas, entre otras opciones. Es una máquina totalmente versátil, que permite trabajos de gran calidad.

Algunas características son sus cubiertas de gran porte, que le ofrece buena tracción en lugares dificultosos, terrenos de difícil acceso y circulación; su cuerpo articulado, posee una



Figura 12: Motoniveladora

articulación entre la cabina de mando y la zona delantera, que le permite doblar más fácilmente; y su cuchilla adaptable, que tiene la particularidad de poder girar casi 360° en el plano horizontal y de inclinar su eje horizontal hasta 90° en las más nuevas

Algunas motoniveladoras cuentan con un escarificador (**Figura 13**) que permite arar la tierra, desgranándola y facilitando su extracción. Posee reguladores para subirla o bajarla según la necesidad.



Figura 13: Escarificador anexo a la motoniveladora

2.4.4. Cargador frontal

El cargador frontal (**Figura 14**) tiene por principal tarea, desplazar material. Esto lo logra gracias a su pala frontal. Puede o no contar con articulación entre los ejes frontales y traseros, permitiendo mayor maniobrabilidad.



Figura 14: Cargador frontal

2.4.5. Pala retroexcavadora

Una retroexcavadora cuenta con una pala excavadora que permite retirar suelo y desplazarlo. Generalmente se emplean equipos cargadores frontales que tienen instalada la pala excavadora en su parte trasera.

Para proceder a excavar, el equipo debe estar previamente afirmado.

2.4.6. Mezcladora moto hormigonera

Los camiones moto-hormigoneros (**Figura 15**) o mixer, por su acepción del inglés, pueden ser de dos tipos: íntegro, donde el tambor forma parte de la estructura del camión; o bien camión con acoplado, donde se emplea un camión común, al cual se acopla el mezclador. Los primeros suelen tener 6 m³ de capacidad, mientras que en el segundo caso pueden tener hasta 9 m³

A pesar de esta diferenciación, ambos tipos cuentan con las siguientes partes: boca de acceso de materiales; tambor con helicoides internos para mejor mezclado; motor diésel para generar la rotación del tambor; tanque de agua para limpieza, humedecimiento de superficies o materiales, o en casos para agregar al hormigón (no recomendado); comandos para control de las rotaciones; canaleta de descarga.



Figura 15: Mixer montado en un acoplado

2.4.7. Otros

Además de las ya mencionadas, es probable que para la realización del proyecto sean necesarias otros equipos y maquinarias como: camión de carga o volcador; grúa; pilotera; equipos de suministro de combustible, camión regador, excavadora hidráulica, escarificadora, entre otras.

2.5. HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND

2.5.1. Características del hormigón

El valor de la resistencia característica a la compresión es la medida a los 28 días de edad referida a probetas standard de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura (IRAM 1546, 2013).

Cuando se emplee cemento de alta resistencia inicial, la resistencia característica se calcula en base a resultados de ensayos realizados a la edad de siete días, debiendo cumplir la resistencia especificada para 28 días.

El asentamiento se evalúa mediante el cono de Abrams siguiendo los lineamientos de ensayo de la Norma (IRAM 1536, 1978).

2.5.2. Mezclas

Los materiales se mezclan hasta que el cemento se distribuya uniformemente y resulte un hormigón homogéneo y de color uniforme.

Cada carga permanece en el tambor de la hormigonera durante no más de 2 minutos. El tambor gira a una velocidad de 15 a 20 vueltas por minuto.

El agua se inyecta automáticamente dentro del tambor y junto con los agregados, cuidando que la consistencia de todas las cargas sea uniforme.

Tanto el equipo de inyección como la hormigonera no deben perder agua y si el aparato de medición falla en la provisión de la cantidad justa de agua, se debe suspender el funcionamiento de la hormigonera hasta que se efectúen las reparaciones necesarias.

La hormigonera no se debe hacer funcionar con una carga mayor a la indicada por el fabricante.

Cuando las paletas internas del tambor de la hormigonera se desgasten más de dos centímetros deben ser reemplazadas por otras nuevas.

Los materiales se mezclan solamente en la cantidad necesaria para su inmediata utilización. No se debe emplear un hormigón que tenga más de 90 minutos de preparación y/o presente indicios de fragüe. Tampoco se admite que a un hormigón se lo quiera acondicionar mediante el agregado de agua u por otros medios.

2.5.3. Temperatura del hormigón

El hormigón no debe ser preparado ni colocado cuando la temperatura del ambiente a la sombra o lejos del calor artificial sea más baja de 5 ° C en descenso; debiendo la temperatura del hormigón estar entre 10 y 25° C.

Los agregados deben estar libres de hielo y en caso de ser necesario, se puede proceder al calentamiento de los mismos (máximo 60° C) o del agua.

Para protección del hormigón ejecutado contra la acción de las bajas temperaturas se debe tener listos una cantidad suficiente de elementos de protección para extenderlos sobre la superficie del hormigón. El espesor de esta capa protectora tiene que ser el suficiente para evitar la congelación del hormigón antes de su completo endurecimiento. Como mínimo se mantiene la capa de protección por 5 días.

Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea superior a 30° C, se debe que tomar la temperatura del hormigón fresco recién elaborado cada media hora y si la temperatura de éste se encuentra por encima de 32° C se suspende el hormigonado.

2.5.4. Materiales

Se almacenan en pilas o montones, de manera adecuada y teniendo el mayor cuidado para evitar la separación de los distintos tamaños de agregados. El lugar de depósito y acopio de los materiales debe estar nivelado, seco, limpio y libre de todo material extraño.

2.5.4.1. Cemento Portland Normal

El cemento portland normal es aquel obtenido por la molienda del Clinker Portland con la eventual adición de pequeñas cantidades de sulfato de calcio. Como opción se puede realizar el agregado de escorias de acuerdo a lo indicado en la norma (IRAM 1667, 2016).

Para la ejecución de la obra se utilizan únicamente cementos de marca reconocida y aprobada que satisfagan las condiciones de calidad necesarias.

No se permite mezcla de cementos de clases y marcas diferentes o de una misma clase procedentes de fábricas distintas.

2.5.4.2. Agregado fino

El agregado fino que se permite usar es el constituido por arena silíceo natural o arena resultante de la trituración de rocas y gravas que tengan iguales características de durabilidad, resistencia al desgaste, tenacidad, dureza y absorción que el agregado grueso especificado en el punto 2.5.4.3.

Se emplean preferentemente arenas naturales silíceas. Las arenas de trituración de roca o grava, sólo pueden ser utilizadas si se las emplea mezcladas con arenas naturales de partículas redondeadas, o si el hormigón contiene un tres por ciento o más de aire incorporado en su masa. Cuando las arenas de trituración se empleen conjuntamente con otras partículas redondeadas, las proporciones de ambas son las que resulten necesarias para obtener hormigones trabajables y homogéneos.

La misma condición es válida en el caso del empleo de aire incorporado. Si dicha condición no puede cumplirse, debe abandonarse el empleo de las arenas de trituración como único árido fino.

La arena debe ser de granos limpios, duros, resistentes, durables y sin película adherida alguna, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o laminares, álcalis, margas, arcillas o materias orgánicas; para llegar a estas condiciones se puede proceder a lavarlas.

El porcentaje de sustancias perjudiciales no debe exceder de los consignados en la **Tabla 1**.

La arena debe estar bien graduada, de grueso y fino, y cuando se proceda a su análisis mecánico por medio de tamices (IRAM 1501-2, 2002), debe satisfacer las exigencias planteadas en la **Tabla 2**.

Tabla 1: Cantidades máximas admisibles de sustancias nocivas en agregado fino

SUSTANCIAS NOCIVAS	MAXIMO	METODO DE ENSAYO
Material que pasa por lavado a través de tamiz IRAM 74 μ (N° 200)	2 % en peso	Según Norma IRAM N° 1540
Sulfatos expresados en anhídrido sulfúrico	0,1 % en peso	Según Norma IRAM N° 1531
Materia carbonosa	0,5 % en peso	Según Norma IRAM N° 1512
Terrones de arcilla	0,25 % en peso	Según Norma IRAM N° 1512
Otras sustancias nocivas (sales), arcilla esquistosa, mica, fragmentos blandos, etc.	2 % en peso	
La suma de sustancias nocivas no deberá exceder de	3 % en peso	
Materia orgánica	Índice colorimétrico menor de 500 p.p.m.	Según Norma IRAM N° 1512

El módulo de fineza debe ser mayor a 2,40.

El agregado fino debe ser exento de cualquier sustancia reactiva que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis que contenga el cemento portland (IRAM 1649, 2008).

Tabla 2: Granulometría exigida para agregado fino

TAMIZ IRAM	% QUE PASA	
9.5 mm (3/8")	100	
4.8 mm (N° 4)	95	100
2.4 mm (N° 8)	85	95
1.2 mm (N° 16)	65	85
590 μ (N° 30)	25	50
297 μ (N° 50)	4	10
149 μ (N° 100)	0	5

2.5.4.3. Agregado grueso

El agregado grueso que se use debe ser el proveniente de la trituración de rocas, grava lavada o grava triturada, compuesta de trozos o partículas retenidas por el tamiz IRAM 4.8 mm (Nº 4), duras, resistentes y durables, sin exceso de alargadas y libre de cualquier cantidad perjudicial de capas o partículas adheridas.

El porcentaje de sustancias perjudiciales que se encuentran en el agregado grueso no puede exceder de los valores planteados en la **Tabla 3** y la suma de los porcentajes de sustancias perjudiciales no debe exceder del 3 % en peso.

Tabla 3: Cantidades máximas admisibles de sustancias nocivas en agregado grueso

SUSTANCIAS NOCIVAS	MÁXIMO ADMISIBLE % EN PESO	MÉTODO DE ENSAYO
Carbón	0,50	Según Norma IRAM Nº 1512
Partículas livianas de agregado	0,50	Según Norma ASTM C 123
Terrones de arcillas	0,25	Según Norma IRAM Nº 1512
Fragmentos blandos	2,00	Según Norma ASTM C 23
Partículas friables	0,25	Según Norma ASTM C 14
Pérdida por lavado en tamiz IRAN 74 micrones (Nº 200)	0,80	Según Norma IRAM Nº 1540
Sales solubles	0,50	Según Norma IRAM Nº 1512
Sulfatos expresados en anhídrido sulfúrico	0,07	Según Norma IRAM Nº 1531
Otras sustancias nocivas (pizarra, mica, escamas desmenuzables o partículas cubiertas por películas perjudiciales)	1,00	

El coeficiente de cubicidad del agregado grueso, debe ser mayor de 0,60 determinado según ensayo de Norma (IRAM 1681, 2006) y el desgaste "Los Ángeles" (IRAM 1532, 2009) debe ser menor del 35 %.

La absorción del agregado grueso por inmersión en agua durante 48 horas debe ser inferior al 1.2 % (IRAM 1533, 2002).

El agregado grueso debe estar exento en su constitución de sustancias que puedan reaccionar perjudicialmente con los álcalis del cemento portland.

El agregado grueso debe provenir de roca fresca, considerando como tal, aquellas cuyos elementos minerales no han sufrido proceso de descomposición química, con el consecuente detrimento de sus propiedades físicas. La roca en cuestión debe tener una resistencia a la compresión igual o mayor a 800 kg/cm², según (IRAM 1510, 1961).

Los tamaños indicados para el agregado grueso y su análisis mecánico efectuado con los tamices (IRAM 1501-2, 2002), deben llenar las exigencias planteadas en **Tabla 4**.

Tabla 4: Granulometría exigida para agregado grueso

Muestras	Tamices						
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4
1/3	0	0	0-10	-----	40-75	-----	97-100
3/5	5-10	40-65	90-100	-----	100	-----	100
Mezcla	Retenidos						
50% 1/3 50% 3/5	2,5-5	20-32,5	45-55	-----	70-87,5	-----	98,5-100

Los valores de la mezcla corresponden a los entornos para 1/5, y se combinarán en una proporción tal que se obtenga el mínimo de vacíos en la mezcla con una cantidad al menos del 50 % de la fracción 3 a 5.

2.5.4.4. Agua para hormigones de cemento portland

Se considera apta para el empaste y/o curado del hormigón, el agua cuyo contenido en sustancias disueltas esté comprendido dentro de los límites de **Tabla 5**.

Tabla 5: Máximos admisibles de sustancias disueltas en el agua de empaste y curado

Residuo sólido a 110° C máximo	5 gr/litro
PH, deberá estar comprendido entre	5.5 y 6 U
Sulfatos, expresado en (SO4) máximo	600 p.p.m.
Cloruros, expresados en (Cl-) máximo	1000 p.p.m.
Hierro expresado en (Fe III) máximo	1 p.p.m.
Alcalinidad total, en CO3Ca, máximo	1200 p.p.m.
Materia orgánica en 0.2, máximo	3 p.p.m.

Cuando el agua analizada exceda cualquiera de los límites fijados anteriormente, igualmente puede ser considerada apta, cuando los valores de tiempo de fraguado obtenidos con la pasta de cemento preparada con agua apta, no difieran en menos del 10 % para el fragüe inicial y en más del 10 % para el fragüe final y siempre que en el ensayo de resistencia a la compresión no se registre una reducción mayor del 10 % en los valores obtenidos con las probetas moldeadas de la mezcla preparada con el agua en examen, respecto de los obtenidos con las probetas preparadas con la mezcla de comparación. Cuando los resultados de cualquiera de los ensayos de tiempo de fragüe y resistencia a la compresión no concordaran dentro de los límites fijados anteriormente, el agua debe ser rechazada.

Cualquier agua considerada potable para el consumo humano se considera apta para el uso en hormigones siempre y que cumpla con los requisitos anteriores.

2.5.5. Tipos de hormigones

Las mezclas a emplear deben cumplir con las exigencias establecidas para los hormigones, de clase H-.... la que se indique para cada estructura, y como mínimo ser un H-20 según la clasificación del Reglamento CIRSOC 201 (2005). Las proporciones de cada material se determinan experimentalmente mediante estudios y ensayos previos a través de algún método conocido basado en la relación agua-cemento de la mezcla y resistencia final del hormigón, y son indicadas en peso por metro cúbico de hormigón elaborado.

La resistencia característica mínima a la compresión se debe medir a los 28 días sobre probetas cilíndricas preparadas y ensayadas según lo establecido por las Normas IRAM 1524 (1950) e IRAM 1546 (2013), detallado en el punto 2.5.5.

En ningún caso el contenido mínimo de cemento puede ser menor de 300 kg/m³ de hormigón.

2.6. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Las dimensiones de todos los elementos estructurales de hormigón armado son las indicadas en los planos respectivos.

Todos los hormigones a emplear en la construcción de la obra deben cumplir con las especificaciones detalladas en el Reglamento CIRSOC 201 (2005) y sus anexos. En cuanto a las características de los materiales componentes del hormigón son las indicadas en el punto 2.5.4.

2.6.1. Armaduras

El acero a utilizar en todo tipo de estructura debe ser del tipo ADN 420 para el tipo en barra y para mallas AM-500-C.

Antes de la colocación las armaduras deben limpiarse cuidadosamente de manera que al introducir el hormigón en los encofrados se encuentren libres de polvo, barro, escamas sueltas de herrumbre, grasas, aceites, pinturas, y toda otra sustancia capaz de reducir la adherencia con aquel.

Las armaduras que, en el momento de colocar el hormigón en los encofrados, estuviesen cubiertas por mortero, pasta de cemento u hormigón endurecido, se deben limpiar perfectamente hasta eliminar todo resto de dichos materiales. Además, deben colocarse, previa verificación de su forma y dimensiones, en la posición correcta.

Durante la colocación, compactación y terminación del hormigón y durante su fraguado y endurecimiento, las armaduras deben mantenerse con sus formas y en las posiciones precisas sin sufrir desplazamientos perjudiciales. Cuando se empleen vibradores de inmersión para la compactación del hormigón las armaduras se disponen de manera tal que los vibradores puedan introducirse en todas las partes requeridas.

Las barras de la armadura principal se vinculan firmemente y en la forma más conveniente con los estribos, zunchos, barras de repartición y demás armaduras.

2.6.2. Hormigonado

Para la elaboración del hormigón "in situ" se emplean hormigoneras mecánicas con una capacidad mínima de 180 litros y se prohíbe la mezcla a mano

En caso de emplearse camiones moto hormigoneros para la elaboración de la mezcla, se ajustan los procedimientos a lo indicado en el Reglamento CIRSOC 201 (2005).

El tiempo transcurrido entre la elaboración y el colado del hormigón es como máximo de 45 minutos, excepto si se usan retardadores de fragüe. Superado dicho tiempo el pastón se descarta o rechaza.

Se deben acatar las directivas del Reglamento CIRSOC 201 (2005) respecto a la elaboración, preparación de la mezcla en tiempo frío y caluroso, hormigonado, curado, ensayos y toda otra recomendación referida a la elaboración y colado del hormigón.

El hormigonado de cada elemento de la estructura se realiza en una sola etapa, no pudiendo ser suspendido por ningún motivo, no admitiéndose por lo tanto ni cortes ni juntas de trabajo.

En todos los casos se usan vibradores de inmersión cuya frecuencia, características y modalidades de uso deben ser compatibles con el tipo de estructura a ejecutar y con el hormigón empleado en la misma.

2.6.3. Ensayos

Los ensayos que se describen a continuación son de aplicación en todas las variantes del hormigón que se presenten.

2.6.3.1. Verificación de la consistencia del hormigón fresco

El método con el que se evalúa la consistencia es el del cono de Abrams.

Se debe extraer una muestra de mezcla por cada pastón, siguiendo el procedimiento indicado por la Norma IRAM 1536 (1978), en donde se deben obtener los valores indicados para cada caso.

Excedida la tolerancia indicada, se procede al rechazo del pastón, quedando prohibido su uso en cualquier parte de la estructura.

El ensayo se realiza con la mayor celeridad posible, especialmente cuando se trabaje con temperaturas elevadas, en el momento de colar el hormigón.

En el caso de que, al realizar el ensayo, el asentamiento esté fuera de los límites especificados, rápidamente y con otra porción de hormigón de la misma muestra, se procede a repetirlo. Si el nuevo resultado obtenido está fuera de los límites especificados, se considera que el hormigón no cumple las condiciones establecidas, procediéndose a rechazarlo. En consecuencia, se procede a una modificación inmediata de las proporciones del hormigón, sin alterar la relación agua/cemento especificada, hasta obtener resultados satisfactorios.

2.6.3.2. Verificación de la resistencia a rotura del hormigón

A los efectos de comprobar la calidad del hormigón utilizado, se extraen muestras del mismo durante el proceso de hormigonado.

La calidad del hormigón se define por el valor de su resistencia característica de rotura a compresión correspondiente a la edad de 28 días; cuando se emplee cemento de alta resistencia inicial, la resistencia característica se calcula en base a los resultados de los ensayos realizados a 7 días. En el caso que las estructuras deban ser solicitadas antes o después de los 28 días de ejecutadas se ensayan según se disponga a la edad estimada conveniente para estos casos particulares.

El cálculo de la resistencia característica del hormigón se realiza en base a resultados de ensayos normalizados de probetas cilíndricas normales, de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, moldeadas y curadas de acuerdo a lo que establece la Norma IRAM 1524 (1950) y ensayadas a compresión según lo especifica la Norma IRAM 1546 (2013).

Se define como resistencia característica del hormigón a aquella resistencia que en una distribución estadística normal es superada por el 95 % de los resultados de los ensayos. Cada resultado de ensayo corresponde a un pastón distinto.

Se entiende por resultado de ensayo al promedio de las resistencias de las probetas moldeadas con la misma muestra de hormigón y ensayadas a la misma edad. Para ello debe cumplirse que la diferencia entre las dos resistencias extremas no sea superior al 15 % de la resistencia media de las probetas que lo constituyen.

La especificación de los valores a cumplir según la clase de hormigón de la resistencia característica y la resistencia media se indican en la **Tabla 6**.

Tabla 6: Valores de resistencia a compresión según clase de hormigón

Clases de Hormigón	Resistencia especificada a compresión f'c (MPa)	A utilizar en Hormigones
H – 15	15	Simples (sin armar)
H – 20	20	Simples y armados
H – 25	25	Simples, armados y pretensados
H – 30	30	
H – 35	35	
H – 40	40	
H – 45	45	
H – 50	50	
H – 60	60	

2.7. CIMENTACIONES

En este punto se marcan los lineamientos a seguir respecto a las cimentaciones a utilizar, su método constructivo, materiales y demás, siguiendo las reglas del buen arte.

Todas las estructuras resultantes de este punto deben ser resistentes y capaces de transmitir el terreno los esfuerzos procedentes de la superestructura, sin que se produzcan asentamientos diferenciales capaces de originar perjuicios en la obra.

Como condición general se sigue la normativa planteada en el reglamento CIRSOC 201 (2005).

2.7.1. Estudio geotécnico

Un estudio de suelos determina la capacidad portante del terreno y la cota de fundación. Esta determinación junto con la carga a soportar permite definir el tipo de fundación a efectuar.

Basándose en la información que contiene el informe geotécnico de las prospecciones realizadas, se debe evaluar cuál es el tipo de fundación más conveniente para ejecutar, principalmente diferenciar si puede ser una fundación del tipo superficial o si se necesita recurrir a una fundación profunda como el caso de los pilotes. Además, de dicho informe se extrae la conclusión de si es necesario realizar un mejoramiento del terreno de fundación y los métodos constructivos a emplear.

Con respecto al perfil geotécnico se determinan los niveles de apoyo de los cimientos, donde también se cuenta con la información de las presiones admisibles o de la resistencia de fuste o de punta. Aquí también se puede estimar la magnitud de los asentamientos.

Analizando las propiedades físicas se puede tener un conocimiento concreto respecto a la expansividad o colapsabilidad de esos suelos, así como el nivel de agresión química hacia el hormigón. Con ello se pueden adoptar medidas preventivas.

Una vez elegido el tipo de fundación con la cual proceder se deben diagramar y proyectar los procedimientos de excavación procurando evitar inconvenientes en la obra propia o vecinas por medio de muros pantallas u otros elementos de contención de tierras

2.7.2. Hormigones

En caso de suelos agresivos se utilizan cementos químicamente resistentes a éstos y en el caso de napas freáticas altas o suelos inundables se reduce la relación agua-cemento.

2.7.3. Hormigonado

Debe tenerse especial cuidado en mantener limpias las excavaciones y evitar la mezcla de tierra o materias extrañas y perjudiciales con el hormigón.

2.7.4. Tipos de fundaciones

2.7.4.1. Monobloques

La fundación por monobloques hace referencia al método desarrollado por Sulzberger.

A continuación se describe el proceso de ejecución de las fundaciones de tipo monobloque en base a las ETN 40 (ETN 40, 2019, p. 25).

Se dejan los huecos para los empotramientos de los postes mediante la utilización de encofrados metálicos, y tiene un diámetro igual al diámetro de la base del poste más 10 cm.

La profundidad de empotramiento es del 10% de la altura del poste y no menos de 80 cm.

Las paredes del bloque que rodean el hueco de empotramiento, deben tener como mínimo 20 cm de espesor.

Como criterio general, se utiliza armadura, tipo cajón, cuando la profundidad del monobloque supere en 1,2 veces la profundidad de empotramiento del poste en la base. En caso contrario, puede usarse hormigón simple. La armadura tiene el fin de confinar el hormigón, evitando un desgarramiento del bloque.

La calidad del hormigón debe ser H-20 o superior, y el acero ADN420. El recubrimiento mínimo de la armadura se plantea de 5 cm.

En la construcción, se debe asegurar el soporte del fondo y laterales de la a proveerse.

2.7.4.2. Pilotes

Los estratos del suelo más resistentes de la ciudad de Rafaela se encuentran a una profundidad tal, que, en muchas oportunidades, la opción más conveniente es recurrir al pilotaje.

Si bien es un método no muy común en otras localidades, en la ciudad se documentan numerosos casos y en consecuencia se puede encontrar diversidad de profesionales capacitados para llevar adelante el proceso de construcción de pilotes in situ. Por esta razón se descarta la posibilidad de utilizar pilotes hincados.

Se entiende por pilotes elaborados in-situ, a aquellos en que para su ejecución se deba previamente excavar o perforar el terreno, luego colocar dentro de esta perforación la armadura y por último colar el hormigón.

Según las ETN 40 (2019, p. 27), las fundaciones por medio de pilotes deben seguir la siguiente normativa:

La excavación se realizará con re-circulación de lodos bentoníticos (arcillas con un alto contenido de montmorillonita) cuya misión es evitar la filtración del agua en el interior de la perforación y el desmoronamiento de las paredes de la misma. (...)

Las cargas que deberán soportar saldrán de los cálculos estructurales; y en el caso de utilizarse dos o más pilotes por columna se construirá un cabezal de unión de hormigón armado, cuyas dimensiones mínimas responderán a los planos de detalles; éstos deberán

rigidizarse convenientemente en dos sentidos ortogonalmente, mediante vigas de vinculación. (...)

Calidad mínima [del hormigón] H-25 según Reglamento CIRSOC 201 (2005)

Contenido unitario de cemento: 380 kg/m³

Aditivo según las especificaciones técnicas particulares (...)

Armaduras: Acero de Dureza Natural (en barras): ADN-420

2.7.4.3. Plateas

Las plateas se utilizan en los transformadores de servicios auxiliares y los de reactor de neutro. A continuación, se describe su proceso constructivo.

Primeramente, se extrae una caja de suelo de 25 cm. aproximadamente para proceder a un relleno de suelo seleccionado estabilizado con cemento portland, compactándolo en pequeñas capas. En este caso al tener suelo compactado, podría obviarse este paso, sin embargo, es recomendable.

Luego se construye una capa de hormigón de limpieza de 5 cm de espesor y por último la platea de fundación del transformador, de el espesor indicado. Esta debe estar armada en ambas caras utilizando mallas conformadas de acero tipo AM-500-C.

Los transformadores se montan posteriormente sobre perfiles normales U N° 8 (PNU 80), separados según corresponda a cada equipo y con una longitud que permita su fácil montaje hasta su aprovisionamiento final.

2.8. ELEMENTOS PREFABRICADOS

2.8.1. Generalidades

Para la totalidad de la superestructura, se realiza un montaje en seco de las partes, las cuales son prefabricadas, siendo estructuras de hormigón pretensadas y vibrocentrifugadas, como es el caso de los postes o bien simplemente vibradas, como las demás. Además, deben responder a la Norma IRAM 1605 (2009) y al reglamento CIRSOC 201 (2005).

2.8.1.1. Puesta a tierra

Todas las estructuras llevan puesta a tierra de protección, esto se logra por medio de un bloquete de bronce que debe ser unido a la armadura longitudinal mediante soldadura de cordón, según la Norma IRAM 1585 (2008).

Queda prohibido el empleo de distintos tipos de acero en una misma estructura.

2.8.1.2. Armaduras

En las estructuras que tengan previsto ganchos para la sujeción del cable de guardia o los conductores los mismos se construyen con barra de acero de 16 mm de diámetro como mínimo y cincados.

Los dispositivos de tensado que se utilicen en los elementos pretensados, deben ejercer su acción de modo gradual sin producir variaciones bruscas de tensión.

No se permite bajo ningún concepto y se considera motivo suficiente para rechazo a la disminución de la sección de las barras longitudinales o transversales por causa de soldadura.

Para generar los recubrimientos mínimos de la armadura se utilizan separadores o soportes de mortero o material plástico. No pueden utilizarse separadores metálicos ni de madera.

2.8.1.3. Acopio y transporte

El acopio de las estructuras tanto en fábrica como en obra debe cumplir con requisitos mínimos para lograr su conservación. Estos son:

En ningún momento deben estar en contacto directo con el suelo y especialmente en obra se debe prever el efecto de posibles inundaciones.

Los puntos de apoyo deben ser tres como mínimo y en todo momento se debe conservar rectilíneo el eje de la estructura.

2.8.2. Postes

Los postes son de superficies lisas, de sección anular y forma troncocónica, sin marcas de encofrado ni grietas y/o fisuras no capilares. Su diámetro, partiendo de la cima, incrementa 1,5 cm por cada metro de longitud.

La longitud total del poste tiene una tolerancia de ± 3 cm y el grado de rectitud es tal, que toda desviación del eje geométrico ideal, no supere el 0,5% de la longitud total.

A una distancia de 2,5 m de la sección de empotramiento del poste se consigna sobre su superficie exterior, con letras y números de 50 mm de altura y en bajo o sobre relieve con los siguientes caracteres: primero la marca de fábrica; segundo, la longitud total en metros [m]; posteriormente, la carga de rotura nominal a la flexión en daN, precedida de la letra R; luego, la letra T en el caso que el poste sea resistente a la flexotorsión; y por último, el agregado de la letra P si el poste fuese pretensado.

Se clasifican según la carga de rotura nominal (MN 466_467f, 2017), expresada en daN, en los siguientes tipos: R 750, R 900, R 1200, R 1800, R 2400, R 3000, R 3750. A cada carga de rotura nominal le corresponde un diámetro de cima diferente, como se especifica en la **Tabla 7**.

Tabla 7: Diámetros de cima de poste según la carga de rotura nominal

R	\varnothing [cm]*
750	$16 < \varnothing < 18$
900	$18 < \varnothing < 20$
1200	$22 < \varnothing < 24$
1800	$24 < \varnothing < 26$
2400	$26 < \varnothing < 28$
3000	$28 < \varnothing < 30$

* Diámetro de cima

La armadura de cualquier poste tiene una longitud igual a la del poste. Todos los hierros que pasen por la sección de empotramiento deben llegar hasta la base.

Respecto a la armadura transversal mínima, aun cuando no resultare necesario por cálculo, el poste lleva una armadura transversal mínima que se constituye por una espiral simple o doble con paso total que no exceda de 10 cm. Los diámetros mínimos del alambre utilizado no pueden ser inferiores a los establecidos en la **Tabla 8**.

Tabla 8: Diámetros de alambres para postes

Carga de rotura del poste R (daN)	Diámetro del alambre (mm)
R < 600	1,5
600 < R < 2500	2,0
2500 < R	3,0

Las armaduras se colocan en su posición correcta y no se deben desplazar durante el moldeo del poste. Las armaduras longitudinal y transversal pueden estar unidas entre sí por puntos de soldadura o bien mediante ataduras de alambre.

El recubrimiento mínimo del hormigón sobre todas las armaduras, incluyendo las transversales, es de 15 mm en la superficie exterior y de 10 mm en la interior.

Se utiliza hormigón de resistencia característica no menor a 30 MPa ($\sigma'_{bk}=300 \text{ kg/cm}^2$)

La longitud de empotramiento corresponde al 10% de la longitud total, medida desde la sección extrema mayor (base). Corresponde a la parte del poste que se empotra en la fundación.

2.8.2.1. Postes dobles

Para formar postes dobles se unen postes simples por medio de elementos de unión denominados vínculos. Estos vínculos de hormigón armado vibrado, se montan por el procedimiento de enchufe y en tal forma que el conjunto represente estáticamente una unidad.

Los postes simples del conjunto se separan en la cima 0,32 m medidos entre sus caras más próximas y en la base 0,32 m más 0,02 m por cada metro de longitud del poste, medidos en igual forma.

La cantidad de vínculos a colocar entre el vínculo V0 (superior) y la sección de empotramiento (distancia h, en la **Figura 16**) es de 3 para todos los casos del presente proyecto.

2.8.2.2. Postes para soporte de aparatos

Los postes de las estructuras soporte de aparatos son, a diferencia de los postes simples, de sección anular y forma cilíndrica.

Su diámetro es de 0,25 m y su altura puede variar de acuerdo a cada bandeja a instalar. Estas alturas se especifican en los planos correspondientes.

La longitud de empotramiento es de 0,60 m medidos desde su base.

2.8.3. Vínculos

Para rigidizar las estructuras dobles o triples se emplean uniones de hormigón denominadas vínculos. El uso de este tipo de soportes se debe a su mayor capacidad de resistencia mecánica. Así la estructura doble soporta 8 veces más que un poste simple en una de las direcciones y 2 veces más en la otra.

La altura o espesor del primer vínculo, numerando desde la cima hacia la base, es igual al diámetro del poste en la cima más 50 mm. Los siguientes vínculos aumentan su espesor de 50 en 50 mm.

Los vínculos se reparten de acuerdo a la cantidad que sean necesarios y de acuerdo a la **Figura 16**.

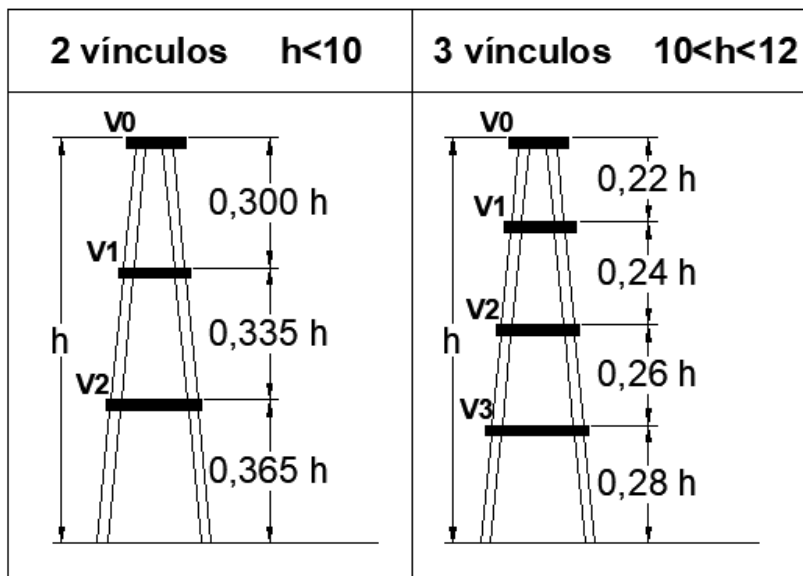


Figura 16: Disposición de vínculos para postes dobles de diversas alturas
Fuente: ET 4 (1997)

2.8.3.1. Ojos de los vínculos

Los vínculos están provistos de "ojos" para su montaje por el procedimiento de enchufe.

Se denominan "ojos" a las aberturas verticales de forma cilíndrica, que poseen las crucetas, ménsulas y vínculos, de sección circular u oval, según corresponda, los cuales tienen dimensiones suficientes para introducir dichos accesorios por la cima de los postes, a los efectos de su fijación.

Deben tener superficies lisas y sin marcas de encofrado.

Los ojos de las ménsulas, crucetas y vínculos tienen un huelgo mínimo de 40 mm entre su pared interior y la superficie del poste, en todo su contorno, a los efectos de su fijación en el nivel correspondiente, con el sellado con hormigón o mortero de cemento.

2.8.3.2. Vínculos con apoyo para viga T

Estos elementos se utilizan para dar apoyo a las vigas que conforman los pórticos de soporte de barras y, si bien éstos tienen una forma particular, cumplen la misma función de vincular varios postes. Pueden ser simples o dobles, dependiendo si el pórtico tiene uno o más tramos.

2.8.3.3. Anillo de apoyo para barral T

Estos elementos no son en esencia vínculos, ya que no unen distintos postes, sino que se colocan en postes individuales con el objetivo de generar un apoyo, a una cota establecida, para el barral t. Dicho esto, se aclara que los anillos deben responder a las características técnicas planteadas para los vínculos. Deben ser tratados como tales.

2.8.4. Montaje de elementos prefabricados

El montaje de la estructura (BRUNO, 2011), se lleva a cabo por medio de una grúa (**Figura 17**). Los elementos se izan con eslingas por el centro de gravedad. La maniobra se efectúa suavemente para no introducir cargas dinámicas. Durante esta operación los postes de hormigón pretensados no deben presentar fisuras.

Todos los elementos prefabricados, tanto postes, vínculos, ménsulas, vigas, soportes y más, están provistos de ganchos firmemente empotrados para poder izarlos y montarlos en

su posición final. La ubicación del gancho se plantea tal que, durante el izamiento y el descenso de la pieza para su encastre, la pieza sostenida por su intermedio se conserve en la posición horizontal que tiene una vez montada. Cuando en las ménsulas y crucetas asimétricas esto no fuera posible porque la ubicación adecuada del gancho coincidiera con un ojo o sus proximidades, se disponen entonces dos ganchos igualmente distanciados de ese punto ideal.



Figura 17: Una grúa montando un vínculo triple
Fuente: BRUNO (2011)

2.8.4.1. Control previo

Antes del izado de las estructuras se debe asegurar que el hoyo de la base esté libre de desechos, materiales o tierra y sin presencia de agua. Este cuidado se debe mantener hasta el momento del sellado.

2.8.4.2. Izado y montaje de los postes

Los postes se sujetan por la cima y con la ayuda de sogas atadas en los costados, se introduce en el hoyo provisto en la base.

La posición de los postes se asegura mediante suplementos metálicos y cuñas de madera dura, antes del vertido del asiente y relleno.

2.8.4.3. Colocación de vínculos y soportes de aparatos

En el caso de estos elementos, no contamos con bases que hagan de tope y permitan un sellado eficiente, por lo que se utilizan “cepos” (o base provisoria) de madera dura o metálicos (**Figura 18**), que hacen el papel de encofrado. Estos cepos, se encuentran fijos a los postes, de manera que no exista desplazamiento vertical y tienen un espesor suficiente como para evitar deformaciones.

Se debe evitar el uso de moldes que se encuentren en mal estado.

En las estructuras multipostes, se verifica la correcta inserción de vínculos antes de hormigonados los postes. No se admite el picado ni golpeado de ningún elemento para posibilitar el montaje, estos deben ser ubicados suavemente hasta que hagan tope con el cepo.



Figura 18: Base provisoria de madera, a modo de encofrado
Fuente: BRUNO (2011)

2.8.4.4. Sellado de los ojos

Luego, una vez que se asegura que la posición de, tanto los postes, como los demás elementos, sea la correcta, se procede a rellenar el espacio sobrante del ojo con hormigón, para garantizar la unión de las partes (**Figura 19**).

Esto se lleva a cabo por medio de una cuba que cuenta con un vertedero para la mezcla y espacio para los operarios, la cual es colgada de la misma grúa. una vez, se procede a rellenar el espacio sobrante del hoyo con hormigón, a fin de rigidizar el sistema.

Para el sellado, se emplea hormigón simple, utilizando una mezcla 1:2:4,5, o sea, 1 parte de cemento, 2 de arena (módulo de fineza entre 2,3 y 3,1) y 4,5 de piedra partida granítica (tamaño máximo nominal 12,5 mm). Con una relación agua-cemento no superior a 0,65.

Se debe emplear hormigonera, nunca se debe mezclar a mano.

El llenado se hace de manera que la mezcla ocupe todo el vacío del hueco, para lo cual se asegura su perfecto asentamiento y compactación.

2.8.4.5. Control final

Una vez montadas, las estructuras deben permanecer en posición vertical después del tendido de conductores, con una tolerancia de 50 mm de desviación del eje en la cima. La tolerancia máxima de la posición de vínculos es de 0,10 metros.

Cada estructura lleva pintados carteles de numeración y uno de Peligro.

Después del montaje deben limpiarse las estructuras y el lugar de cualquier materia extraña o pintura.



Figura 19: Llenado de espacio sobrante en ojos de vínculos
Fuente: BRUNO (2011)

2.9. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

2.9.1. Canales para cables

Como alternativa a los cañeros, se plantea un sistema de canales para cables de comando y control.

El recorrido, distribución y dimensiones de los canales quedan sujetos a la traza que se plantee por los profesionales electromecánicos y se determinan teniendo en cuenta la cantidad de cables a instalar para el desarrollo final de la estación, considerando futuras ampliaciones, más un espacio de reserva de un 20% de la superficie total del canal.

En todos los casos donde el recorrido del canal se vea interrumpido por un camino, se deben dejar previstos cañeros de paso. Los caños a emplear son de PVC de 3,2 mm de espesor y 0,10 m de diámetro, debiendo tener garantizada su estanqueidad. Se alojan en zanjas de ancho y profundidad adecuada a la cantidad de caños necesaria, que pueden ser 16 o 20, dispuestos en 4 columnas de 4 o 5 caños, con una separación mínima de 0,15 m entre sus centros.

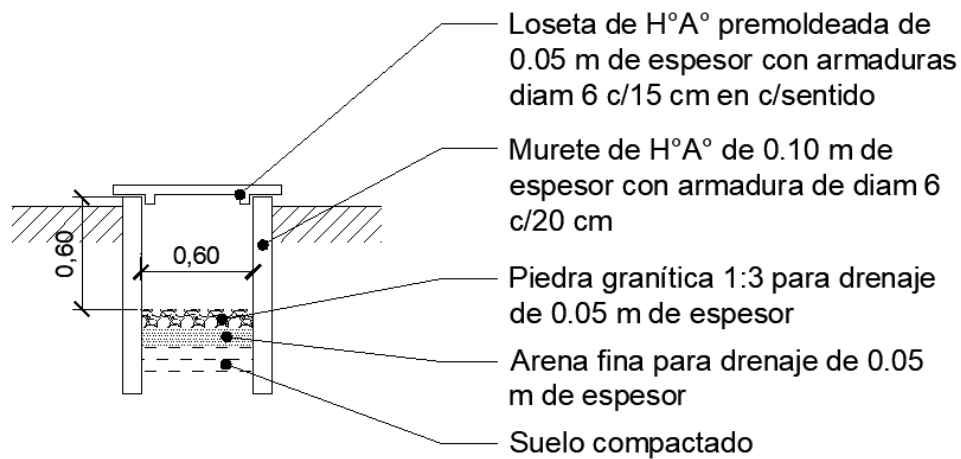


Figura 20: Perfil de un canal para cables
Fuente: BRUNO (2011)

Como se ve en la **Figura 20**, se ubican asentados sobre lechos de arena y se recubren a los costados y en la parte superior con una masa de hormigón simple de no menos de 5 cm de espesor. Se termina con un enrasado de suelo compactado hasta el nivel de terreno natural.

Su fondo debe estar debidamente compactado. Se coloca una capa de piedra partida 1:3 y sobre ella una capa de arena fina, para el drenaje.

Las tapas se confeccionan de hormigón armado, no debiendo exceder su peso de 25 kg cada una. Se prevé que ajusten entre sí y con la parte superior de los canales en forma tal que se evite la filtración de agua.

En el proyecto de su recorrido, se tiene en cuenta que estén suficientemente alejados de los transformadores, de manera tal que el aceite que pudiera derramarse de estos, por incendio u otra causa, no se introduzca en los canales dañando los cables en ellos alojados.

Los muros laterales son de hormigón armado, de un espesor de 0,10 m. En el caso de que la altura de los muros sea mayor de 1,00 m se debe verificar la estabilidad y sus dimensiones.

2.9.1.1. Proceso de construcción

Una vez realizada la excavación y compactado el fondo, se deberá colocar sobre los laterales las armaduras correspondientes, teniendo precaución de que nunca queden en contacto con la tierra. Esto se logra colocando separadores plásticos, como se observa en la **Figura 21**.



Figura 21: Excavación para canales, previo al hormigonado.
Fuente: BRUNO (2011)

Se procede a continuación al armado de los encofrados para los muros, los cuales deben garantizar la estabilidad y estanqueidad del espacio a rellenar de hormigón. Para ello se utilizan cruces, tirantes y travesaños (**Figura 22**).



Figura 22: Encofrado para muros de canales
Fuente: BRUNO (2011)

Una vez fraguado el hormigón y retirados los encofrados, se procede a colocar la capa de piedra partida 1:3, de 0,10 m de espesor, seguida de otra capa de 0,10 m de arena fina. Éstas tienen por finalidad brindar al sistema una forma rápida de escurrimiento de las aguas que puedan filtrarse.

Con el objetivo de extraer el agua, se le puede generar una leve pendiente y en extremos dejar espacios previstos para poder colocar un caño con una bomba para extracción.

En la **Figura 23**, se observa la estructura del canal finalizada y se puede ver un ejemplo práctico de cómo se resuelve el encuentro de canales con caminos.



Figura 23: Resolución de cruce de canal y camino
Fuente: BRUNO (2011)

2.9.2. Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra, consiste en el juego de elementos que permite drenar a tierra la energía liberada por la descarga de un rayo sobre un cable de protección y/o cable de energía que produce un arco de descarga a tierra por efecto de ésta (BRUNO, 2011).

Cuando se produce una falla, la corriente eléctrica que llega al artefacto pasa por la falla y se dirige a tierra, utilizando el camino más corto para regresar a la fuente. Si la instalación no tiene circuito de protección a tierra, la corriente de falla pasa por el cuerpo de la persona ocasionándole un choque eléctrico que puede ser mortal, dependiendo del tiempo de duración del contacto y la tensión o magnitud de la descarga. Si la instalación tiene circuito de protección a tierra, la corriente de falla pasa directamente a tierra sin exponer al peligro u ocasionar daño a la persona.

Además, se genera una protección adicional a los aparatos del sistema, algunos de los cuales pueden quemarse bajo las altas tensiones presentes.

Existen diferentes métodos para realizar la instalación de la puesta a tierra, clasificándose principalmente en dos tipos: electrodos verticales (jabalinas) y electrodos horizontales.

En el primer caso, se efectúa por medio de una varilla de cobre enterrada verticalmente, mediante golpes o mediante una excavación profunda. Este tipo, se utiliza en lugares donde la tierra es húmeda, o donde es fácil realizar una excavación.

En cambio, los electrodos horizontales, consisten en el tendido de un conductor de cobre pelado de una sección igual o mayor a la de la jabalina, a una profundidad no menor a 0,60 m y de una longitud que se calcula en base a la resistividad del terreno y las dimensiones del conductor. Este tipo de instalación se recomienda donde existen suelos duros y extensos.

En ambos casos es posible utilizar la ayuda de un agente externo, como por ejemplo la arcilla de bentonita, con el objeto de contribuir a la reducción de la resistividad del terreno.

Tabla 9: Valores promedio de resistividad de acuerdo al tipo de suelo

Tipo de tierra	Ohm m
Orgánica húmeda	10
Húmeda	100
Seca	1000
Roca	5700

Mientras menor sea la resistividad del terreno, la puesta a tierra funciona con mayor eficiencia. En la **Tabla 9** se pueden observar algunos valores normales.

Se puede adoptar una solución mixta, de jabalinas y electrodos horizontales, para mejorar la prestación de la puesta a tierra en cualquier tipo de suelo. Cuando el suelo presente alta resistividad superficial y media o baja resistividad en estratos inferiores, se pueden hincar jabalinas profundas.

2.9.2.1. Sistema de puesta a tierra en una ET

Una ET debe garantizar que todos sus elementos cuenten con una eficiente PAT y, en consecuencia, conviene realizar una instalación que enhebre la totalidad de la ET. Para esto se plantea una malla que abarque la totalidad de la zona activa, correspondiente al terreno de la estación, prolongándose hasta ocupar el lugar de instalación del edificio, con vinculaciones a jabalinas, tantas como sean necesarias.

La disposición general es la indicada en el plano general, el de detalle y los planos de montaje de equipos y/o estructuras.

A la malla, se vinculan los carriles o rieles de los transformadores de la estación transformadora, los equipos y estructuras, todo elemento metálico, conductores enterrados, cercos perimetrales y todo elemento conductor presente en la ET que no haya sido mencionado.

2.9.2.2. Especificaciones técnicas

La malla es ejecutada con conductor desnudo, de cobre cableado, de una sección de 120 mm², a una profundidad de 1,00 m.

Con el objeto de disminuir la resistencia total de puesta a tierra del conjunto, se utilizan electrodos verticales (jabalinas), tipo Copperweld, de 16,2 mm de diámetro, de 3,00 m de longitud. Son hincadas verticalmente hasta que su extremo superior quede a unos 0,50 m bajo el nivel del terreno natural.

Si al hincar estos electrodos se encontraran obstáculos subterráneos, se reemplazan por perforaciones de la misma profundidad de un diámetro de 150 mm, en cuyo interior se instala un cable de cobre de 120 mm² de sección, en cuyo extremo se une un electrodo de cobre macizo de 20 mm de diámetro por 2,00 m de largo por medio de soldadura cuproaluminotérmica. La perforación luego debe ser rellenada.

Por cada electrodo se debe instalar una cámara de inspección de hormigón premoldeado con tapa.

El conexionado “cable a cable”, “cable a terminal” “cable a planchuela” y “planchuela a planchuela” se realiza con soldadura cupro aluminio térmica tipo CADWELD según Normas IRAM N° 2315 (2018).

Se considera que la resistencia total de dispersión de la malla con los electrodos en paralelo no debe superar los 0,50 ohm, para garantizar un valor de resistencia menor a los de resistencia de paso y de contacto.

2.9.2.3. Conexiones de aparatos

Todo elemento de hormigón armado debe estar vinculado a la malla de PAT mediante cable de acero cobreado con una sección mínima de 50 mm cuadrados. Estas vinculaciones se hacen a través de un bloquete presente en todas las estructuras del sistema.

El bloquete se encuentra soldado a dos hierros de la estructura metálica que componen a la columna de hormigón y está compuesto con una parte de bronce en donde se enrosca un morseto bifilar o grampa NC3.

Las conexiones se protegen en su parte expuesta por caños de PVC pesado de 25,4 mm de diámetro. A su vez, los conductores llevan un dobléz para evitar que sean arrancados desde el exterior.

En los postes de hormigón, el cable de tierra generalmente pasa a través de la fundación por medio de un caño de PVC dispuesto a tal fin.

2.9.2.4. Proceso de construcción de la malla PAT

Una vez finalizados los trabajos de movimientos de suelos, se puede proceder a realizar las canalizaciones para enterrar la malla de puesta a tierra. Las mismas se llevan a cabo con una máquina zanjadora (**Figura 24**), haciéndolo hasta la profundidad indicada.

Una vez realizadas las zanjas, se procede a verter una mezcla de agua con sal, para disminuir la resistividad del terreno en esa zona.



Figura 24: Máquina zanjadora
Fuente: BRUNO (2011)

Luego, se disponen de manera aproximada los conductores sobre la tierra (**Figura 25**), respetando una disposición ortogonal, con las cotas planteadas en el plano. En los encuentros se realizan uniones entre los electrodos por medio de soldaduras cuproaluminotérmicas.

Previo a colocar la malla en su posición final, corresponde hincar las jabalinas en todos los lugares indicados en el plano, para luego ir uniéndolas a la malla PAT.

A medida que se unen las cuadrículas de la malla, las jabalinas y los elementos de la obra, se puede colocar los conductores en su posición final, para ser tapados de suelo seleccionado en capas de no más de 0,15 m de espesor, compactando con la humedad óptima hasta llegar a nivel de terreno natural.



Figura 25: Disposición de los conductores, previo al enterrado

Fuente: BRUNO (2011)

El suelo extraído, se considera de buena calidad ya que fue previamente tratado y compactado. Basta con desmenuzarlo hasta llegar a obtener un suelo suelto, libre de terrones y que no impida realizar una buena compactación.

En caso de usar bentonita, se debe unificar a la tierra extraída de las excavaciones, previo a disponer en la zanja.

CAPÍTULO 3

DISEÑO

3.1. PREMISAS DE DISEÑO DE LA PLANTA GENERAL

Se necesitan espacios para: playa de 132 kV; playa de 33 kV; playa de 13,2 kV; y un espacio destinado a cabinas de operación, control y mantenimiento.

Se plantea la posibilidad de utilizar la instalación actual del terreno, por lo que se debe plantear una vinculación entre ésta y las playas de 33 kV y de 13,2 kV.

Dentro de la playa de 132 kV tiene que haber 6 sectores, sin importar el orden: uno para cada uno de los dos transformadores de potencia; un sector para la conexión a la red aguas arriba y otro, aguas abajo; uno para transferencias; y uno previsto para un transformador futuro.

El camino principal debe vincularse directamente con el existente, para aprovechar las circulaciones dentro del predio, utilizando el ingreso principal por el sur, por la calle Ageo Culzoni. Ésta es la única con acceso al terreno al día de hoy, sin embargo, se prevé un acceso adicional para facilitar maniobras de maquinarias.

La ubicación, tamaño y distribución de bases de aparatos se plantea de forma idéntica a la relevada en la ET sur.

3.2. PROCESO DE DISEÑO

3.2.1. Terreno disponible

El terreno en el que se lleva a cabo el proyecto tiene como dimensiones 135,64 m x 87,00 m (11800,68 m²). Sin embargo, debe considerarse el espacio que emplean las instalaciones existentes.

Las instalaciones de la estación de rebaje se ubican en la esquina suroeste del terreno, en un predio cerrado de 40 m x 40 m (1600,00 m²). Entonces, el espacio disponible para montar la estación es de 10,200.68 m²

La ET sur tiene como dimensiones 111,50 m x 90,50 m (10090,75 m²), por lo que se considera que el espacio es suficiente.

En la **Figura 26** se puede apreciar visualmente lo concluido en este punto: a la izquierda se ve la parcela disponible para montar la ET y a la derecha se ve una imagen satelital de la ET sur, que sirve como base para este proyecto. Se aprecia a simple vista que las dimensiones son acordes a lo requerido.

3.2.2. Distribución de la planta

Como ya se expresó previamente en el punto 1.3, para el diseño de este proyecto se parte de la planta actual de la ET sur de la ciudad de Rafaela (ver plano P28), pero se adapta a las condiciones particulares de este terreno, como lo son: orientación y dimensiones diferentes; la existencia de una instalación previa de la EPE; ubicación con respecto a las redes de alta tensión, que condicionan la distribución de la planta; entre otras.

Entonces, como primer paso se debe identificar los espacios necesarios, basados en la planta relevada de la ET sur. Se identifican las áreas como bloques con un entramado diferencial para cada tipo (**Figura 27**).



Figura 26: Imágenes satelitales del terreno disponible (A) y de la ET sur (B). Rafaela, Santa Fe
Fuente: GOOGLE (2020)

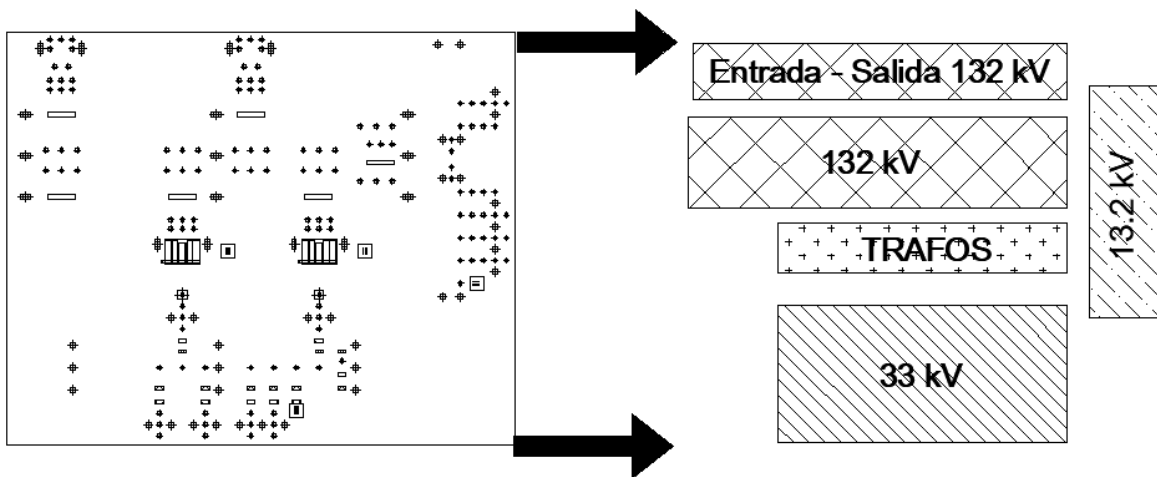


Figura 27: Identificación de espacios necesarios.

Luego se procede a adaptar estos bloques al terreno disponible, como se muestra en la **Figura 28**: primero corresponde rotar 90° el conjunto, para orientar de una mejor forma las playas dentro del nuevo terreno; luego como segundo paso, intercambiar las ubicaciones de la playa 13.2 kV por la de 33 kV, para poder empalmar las redes con las preexistentes; y por tercer y último paso, desplazar el bloque de 132 kV junto con los transformadores hacia el norte y reducir el espacio que ocupa la playa de 33 kV.

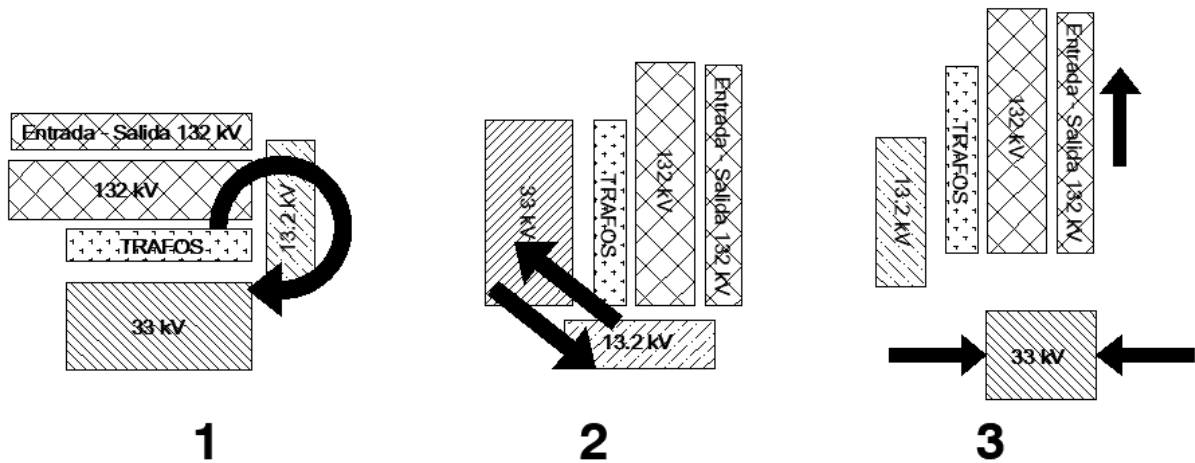


Figura 28: Adaptación de bloques

Habiendo llegado a la instancia final de adaptación de bloques, resta posicionarlos en un boceto del terreno (**Figura 29**). Se concluye que la disposición es adecuada, puesto que se aprovechan bien los espacios, se deja un espacio disponible para cabinas de control, operación y mantenimiento y, por otro lado, es prioritario generar una vinculación entre las instalaciones existentes y las proyectadas, lo cual se cumple. De haber algún tipo de problema respecto a las conexiones entre sectores, se puede, posteriormente, generar conexiones de forma subterránea, de acuerdo a las recomendaciones brindadas por el co-director de este proyecto.

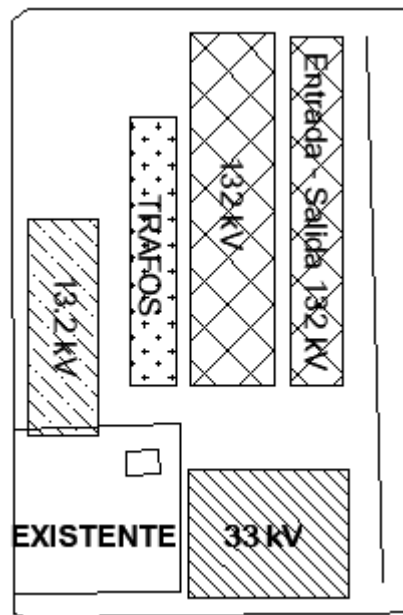


Figura 29: Ubicación de bloques en un boceto del terreno

A continuación, se procede a ubicar cada elemento prefabricado en su lugar correspondiente, respetando las necesidades de la instalación electromecánica.

3.2.3. Reestructuración de sectores de playa 132 kV

Se plantea una reestructuración de los sectores de la playa de 132 kV para optimizar su uso espacial. En concreto los cambios planteados corresponden a la agrupación de los

sectores de entrada/salida y la agrupación de los transformadores, como se puede ver en la **Figura 30**.

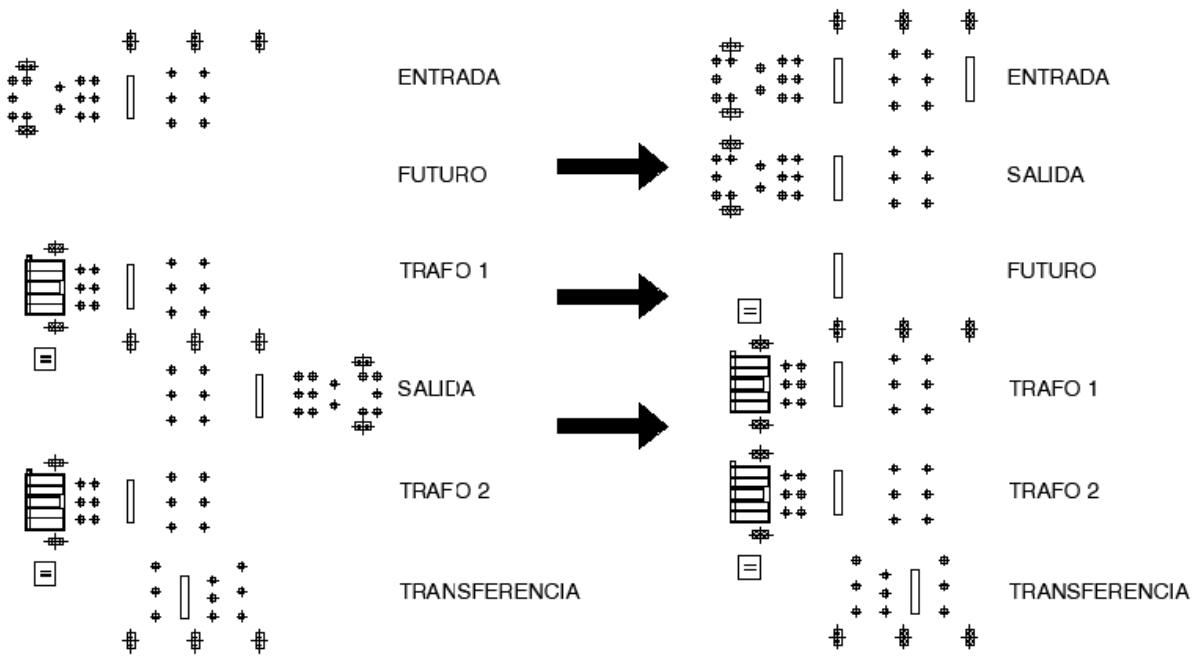


Figura 30: Reordenamiento de playa 132 kV

3.2.4. Vínculo con instalaciones existentes

En la **Figura 31**, se puede ver la vinculación que se plantea entre el proyecto y la planta presente en el terreno (ver plano P27). En línea punteada se aprecian las continuaciones y/o vinculaciones correspondientes.

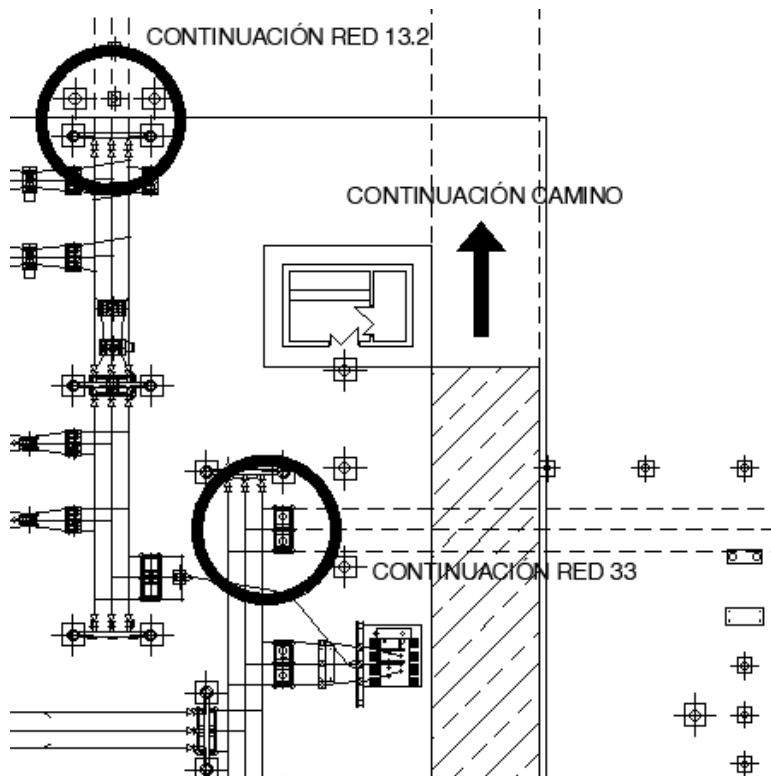


Figura 31: Forma de vinculación con instalaciones existentes

Por una parte, se vincula con la red 13.2 kV continuando la línea de barras y uniendo los sistemas por medio de los interruptores correspondientes. Lo mismo sucede con la red de 33 kV, la cual se debe empalmar a la red existente por medio de las barras planteadas.

Luego, respecto al camino principal, se proyecta su recorrido hacia el norte, de tal forma que atraviese todo el terreno y permita generar un acceso secundario por calle José Oliveras.

3.3. ELEMENTOS PREFABRICADO

3.3.1. Postes

3.3.1.1. Postes simples

Las características técnicas de los postes se detallan en el punto 2.8.2.

Los postes que se utilizan en este proyecto y sus correspondientes planos se detallan en la **Tabla 10**. Tienen diversas alturas de acuerdo a su uso final y, en consecuencia, diversos diámetros de base.

Tabla 10: Postes simples

ID	Altura [m]	Plano	R	Ø [cm]*
PS1	12.50	P01	3000	30
PS2	10.00	P01	3000	30
PS3	9.00	P02	3000	30
PS4	17.00	P02	1800	25

* *Diámetro propuesto*

3.3.1.2. Postes dobles

Las características técnicas de los postes dobles se detallan en el punto 2.8.2.1.

Los postes dobles que se utilizan en este proyecto y sus correspondientes planos, se detallan en la **Tabla 11**. Además, allí se especifica la cantidad de vínculos intermedios que se deben emplear y los tipos de postes simples.

Tabla 11: Postes dobles

ID	Tipo de poste usado	Vínculos intermedios	Plano
PD1	PS1	3	P08
PD2	PS2	3	P09

3.3.1.3. Postes para soporte de aparatos

Las características técnicas de los postes dobles se detallan en el punto 2.8.2.2.

Los postes para soporte de aparatos que se utilizan en este proyecto y sus correspondientes planos, se detallan en la **Tabla 12**.

Tabla 12: Postes para soporte de aparatos

ID	Altura [m]	Plano
PA1	2.50	P03
PA2	2.70	P03
PA3	3.00	P03
PA4	3.55	P03
PA5	3.70	P03

3.3.2. Vínculos y anillos para pórticos

3.3.2.1. Vínculos

Los vínculos tienen diferentes dimensiones de acuerdo a la zona que correspondan. Se utiliza el V0 en la cima y de allí hacia la base los siguientes: V1, V2, V3 y así sucesivamente, según cuántos sean necesarios. Para este proyecto se usan 3.

Las características técnicas de los vínculos se detallan en el punto 2.8.3.

Los vínculos que se utilizan en este proyecto y sus correspondientes planos, se detallan en la **Tabla 13**. Además, se especifica la ubicación con respecto a la cima

Tabla 13: Vínculos

ID	Ubicación *	Plano	Observación
V0	Cima	P04	Con enganche para hilo de guardia
V1	1°	P04	
V1S	1°	P05	Para apoyo simple en pórticos
V1D	1°	P05	Para apoyo doble en pórticos
V2	2°	P06	
V3	3°	P06	

** La ubicación se considera desde la cima hacia la base*

Las dimensiones de los vínculos se consideraron en base a las MN 169_171 (1998), MN770_776 (1998), MN 168 (1994) y los productos de CECARRI (2018).

3.3.2.2. Anillo de apoyo para barral T

Se usan en las estructuras de pórticos de playa de 33 kV y 13.2 kV, y sirven exclusivamente para otorgar un apoyo en la cota correspondiente para los barrales.

Los anillos que se utilizan en este proyecto y sus correspondientes planos, se detallan en la **Tabla 14**.

Tabla 14: Anillos

ID	Plano	Observación
AP1	P07	Para apoyo simple en pórticos
AP2	P07	Para apoyo doble en pórticos

Las dimensiones de los anillos se consideraron en base a los documentos obtenidos de CECARRI (2018).

3.3.3. Vigas de pórticos

Se utiliza para mantener las barras de alta tensión en sus posiciones seguras. Se colocan en la cota preestablecida por el vínculo donde van apoyadas y se usan en el campo de 132 kV.

Por su parte, en los campos de tensiones medias, se necesitan pórticos de menores luces, que pueden ser salvados con los barrales tipo T.

Las vigas que se utilizan en este proyecto y sus correspondientes planos, se detallan en la **Tabla 15**.

Las dimensiones de las vigas se consideraron en base a los documentos obtenidos de CECARRI (2018).

Tabla 15: Vigas y barral

ID	Longitud [m]*	Plano
VG9	9	P10
VG11	11	P10
BA5	5	P10

** Las longitudes corresponden a las luces de los pórticos*

3.3.4. Pórticos

Los pórticos que se utilizan en este proyecto y sus correspondientes planos, se detallan en la **Tabla 16**. Aquí también se especifica la cantidad de tramos que tiene el pórtico, si posee o no viga inferior y qué tipo de poste y viga corresponde a su montaje final.

Tabla 16: Pórticos

ID	Tramos	Postes	Vigas	Viga inferior	Plano
PO1	1	PD1	VG9	No	P11
PO2	2	PD1	VG9	No	P12
PO3	1	PD2	VG11	No	P12
PO4	1	PS3	BA5	No	P13
PO5	2	PS3	BA5	No	P14
PO6	3	PS3	BA5	No	P15
PO7	1	PS3	BA5	Si	P16
PO8	2	PS3	BA5	Si	P17

3.3.5. Soportes de aparatos

3.3.5.1. Bandejas para soportes de aparatos

Las bandejas para soporte de aparatos son vibradas o centrifugadas, y prefabricadas, con coeficiente de seguridad 3, según Normas IRAM 1605 (2009).

Se proyectan 7 tipos de bandejas y cada una tiene las dimensiones especificadas en los correspondientes planos (ver **Tabla 17**).

Tabla 17: Bandejas para soporte de aparatos

ID	Plano
CA1	P18
CA2	P18
CA3	P19
CA4	P19
CA5	P20
CA6	P20
CA7	P21

Las bandejas se utilizan como soporte para los siguientes elementos: aislador, descargador, transformador de corriente, transformador de tensión y seccionador. No se especifican las funciones particulares de estos elementos porque no es incumbencia del presente trabajo.

Las dimensiones se toman de la ETN 08 (1995)

3.3.5.2. Bases para aparatos a utilizar en el modelo

Teniendo definidos los postes para soportes de aparatos y las bandejas, se requieren combinaciones de ambos para montar en el predio. Esto se detalla en la **Tabla 18**, donde se puede ver qué tipo de cabezal y poste corresponde a cada plano, junto con la altura de la cota de apoyo de los aparatos.

Tabla 18: Bases para soportes de aparatos

ID	Cabezal	Postes	Altura poste [m]	Plano
BA1	CA1	PA1	2.5	P22
BA2	CA2	PA1	2.5	P22
BA3	CA3	PA2	2.7	P23
BA4	CA4	PA3	3	P23
BA5	CA5	PA2	2.7	P24
BA6	CA6	PA2	2.7	P24
BA7	CA7	PA2	2.7	P25
BA8	CA1	PA4	3.55	P25
BA9	CA1	PA5	3.7	P26
BA10	CA4	PA2	2.7	P26

3.4. CAMINOS

Determinados todos los elementos necesarios para la planta y dispuestos de acuerdo al layout del plano correspondiente (ver plano P29), se procede a diseñar el camino y distribución de juntas.

El trazado del camino principal se dispone de tal manera que empalme con el camino existente. Además, se plantea un camino secundario para facilitar el acceso a operarios en playa de 132 kV. Ver plano P30.

Las características constructivas se detallan en el punto 2.3.

3.5. FUNDACIONES NECESARIAS

3.5.1.1. Bases de elementos prefabricados

Se proponen bases tipo monobloque, con las dimensiones y características técnicas planteadas en el punto 2.7.4.1, a todos los elementos prefabricados.

3.5.1.2. Base interruptor tripolar

Las bases para interruptor tripolares (BIT), están constituidas por una platea de hormigón armado de 25 cm de espesor y de 6.00 m de largo por 1.00 m de ancho.

Sus características constructivas están detalladas en el punto 2.7.4.3.

Se encuentran en el plano P32 con la indicación BIT.

3.5.1.3. Base para transformador de servicios auxiliares y reactor de neutro

Está constituida por una platea de hormigón armado de 20 cm de espesor y de 3.00 m de largo por 3.20 m de ancho.

Se encuentran en: el plano P32, a las bases para transformador de reactor de neutro (BRN); y en los planos P33 y P34 a las bases para transformador de servicios auxiliares.

Sus características constructivas se detallan en el punto 412.7.4.3.

3.5.1.4. Base para transformador de potencia

La base del transformador de potencia, se compone de dos vigas principales y una batea de decubaje de aceite formada por piso y paredes de 10 cm. de espesor, armadas.

Las dimensiones y cálculo de las bases para transformadores de potencia (BTP) se desarrollan con detalle en el siguiente capítulo (Cálculo y dimensionamiento de base de transformador de potencia).

Se encuentran en el plano P32 con la indicación BTP.

La batea se conecta al pozo de drenaje mediante caño de fibrocemento de 150 mm. de diámetro.

Las aberturas presentes en las vigas principales y en las paredes de la batea, que permiten el pasaje de los cables de comando, puesta a tierra y el desagote del aceite, deben reforzarse convenientemente.

La colocación y el replanteo de los anclajes de las vías sobre las vigas se debe efectuar en forma prolija asegurando su inmovilidad durante las operaciones de hormigonado.

El hormigón debe ser clase H-20 y acero ADN 420.

Las vigas principales de la base del transformador de potencia se continúan fuera de las bateas de manera que el transformador pueda ser montado desde el camino principal de la ET.

CAPÍTULO 4

CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE BASE DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA

4.1. GENERALIDADES

4.1.1. Croquis batea

Para el cálculo y verificación de la batea, se tienen en cuenta las dimensiones planteadas en las Figuras: **Figura 32**, **Figura 33**, y **Figura 34**

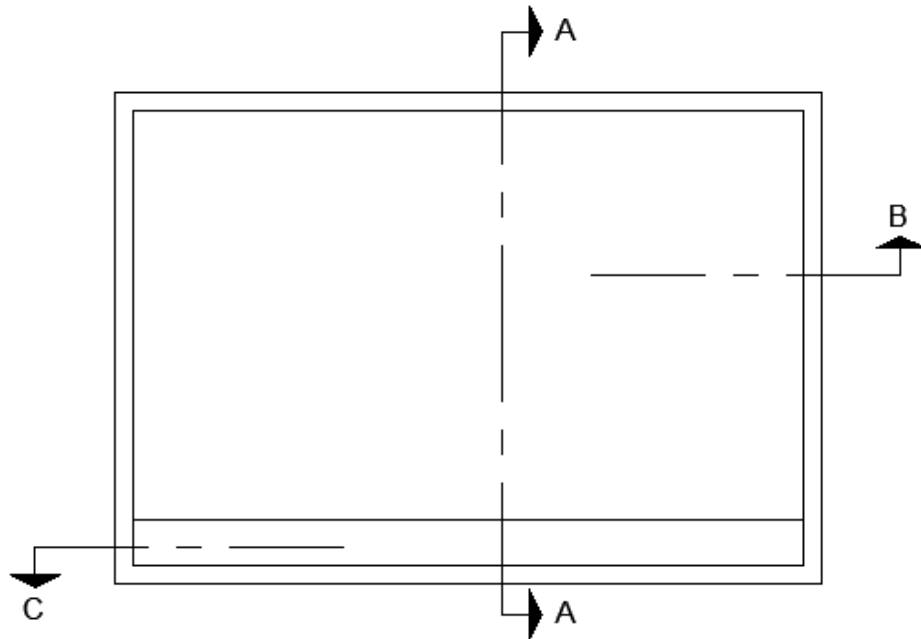


Figura 32: Planta batea

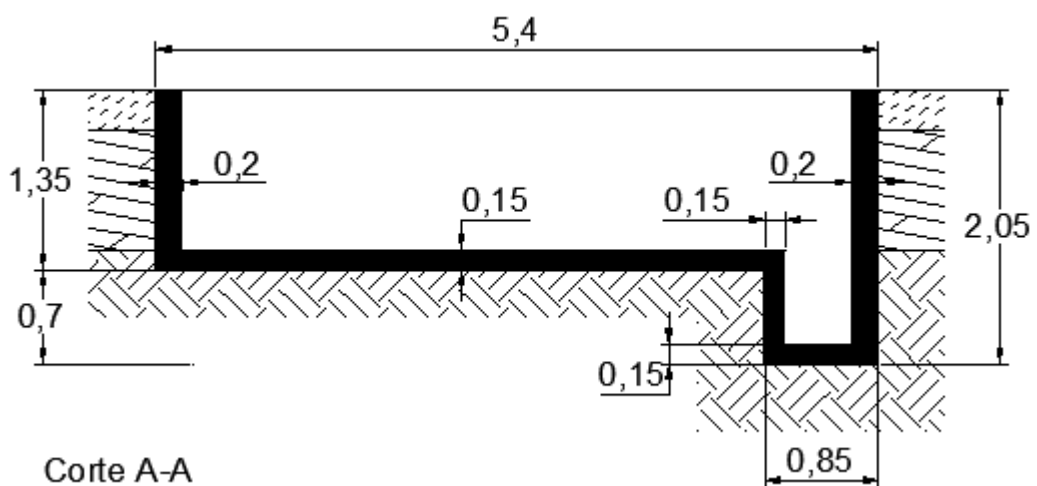


Figura 33: Corte A-A batea

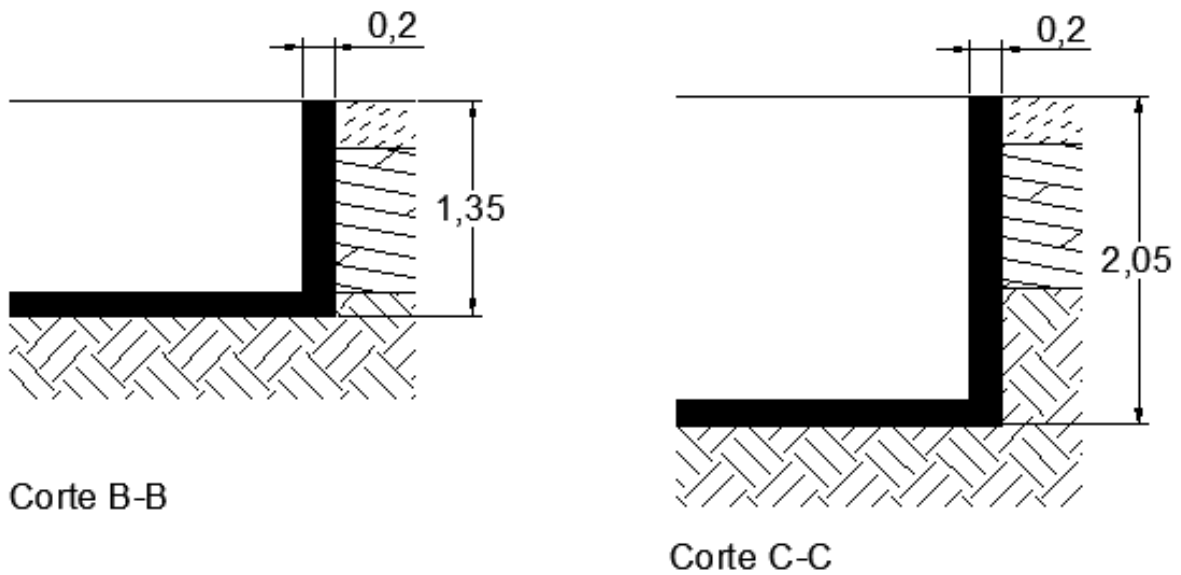


Figura 34: Cortes B-B y C-C

4.1.2. Etiquetado de las partes de la batea

Para hacer más fácil el proceso de cálculo de la batea, se etiquetan sus partes en la **Figura 35**.

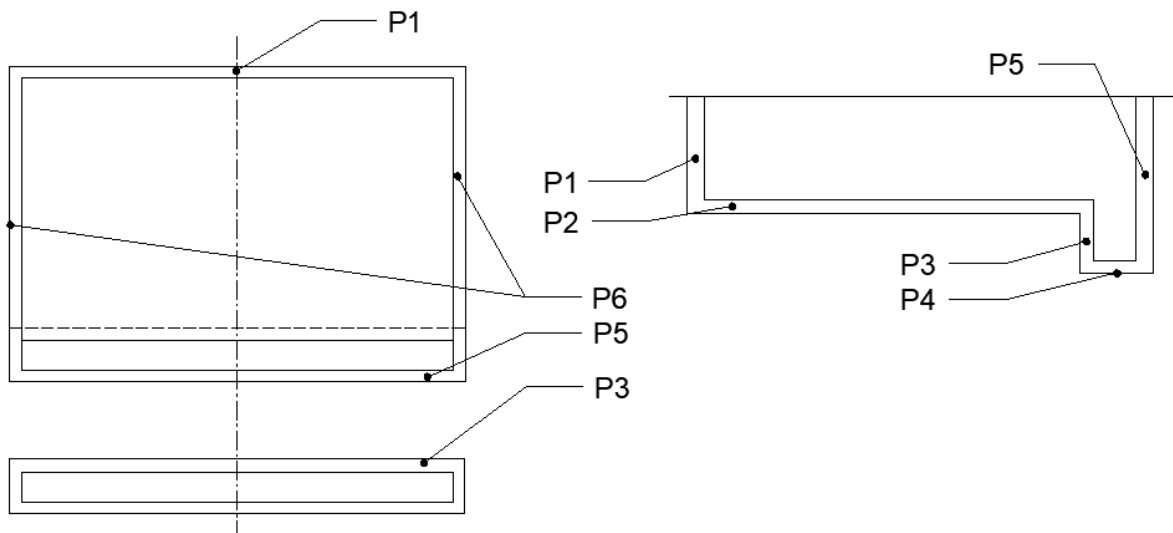


Figura 35: Pantallas de la batea

4.1.3. Croquis viga

Para el cálculo y verificación de la batea, se tienen en cuenta las dimensiones planteadas en las Figuras **Figura 36** y **Figura 37**

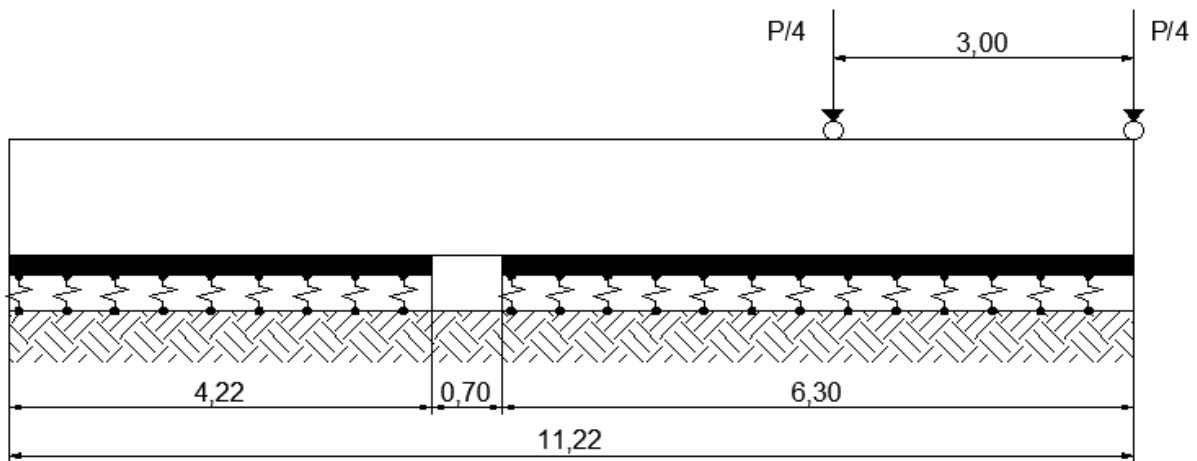


Figura 36: Corte longitudinal viga

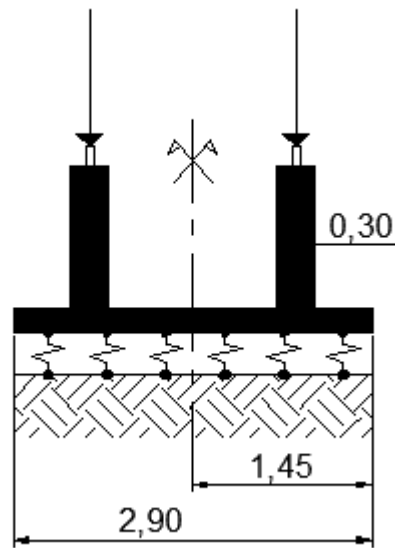


Figura 37: Corte transversal viga

4.1.4. Materiales

Los materiales a utilizar son los que se presentan en la **Tabla 19**. La densidad del aceite se obtuvo de la ETN 60 (1984)

Tabla 19: Características de materiales a utilizar

Acero	ADN 420	420 [Mpa]
Hormigón	H20	20 [Mpa]
Aceite	δ_a	0.895 [t/m ³]
Agua	δ_w	1 [t/m ³]

4.1.5. Características del suelo

Se cuenta con un estudio de suelos de fuente confidencial, de un terreno vecino, ubicado en el mismo PAER, del cual se extraen los valores de **Tabla 20**. Estos, hacen referencia a las capas de suelo indicadas en **Figura 38**.

Tabla 20: Características del suelo en PAER

Suelo Nro	Profundidad		Tipo de suelo	Nro de golpes S.P.T.	Densidad natural humeda - seca		Parámetros de corte de ensayo triaxial	
	Nivel sup. [m]	Nivel inf. [m]			δ_h [g/cm ³]	δ_d [g/cm ³]	Φ [°]	c [kg/cm ²]
1	0.00	0.30	ML	-	1.65	1.40	-	-
2	0.30	1.20	CL	11	1.78	1.49	8	0.54
3	1.20	5.60	CL	3	1.87	1.47	4	0.25

Tensión admisible del suelo a nivel de fundación	σ_{adm}	0.55 [kg/cm ²]
Coefficiente de balasto	k_{30}	0.62 [kg/cm ² /cm]

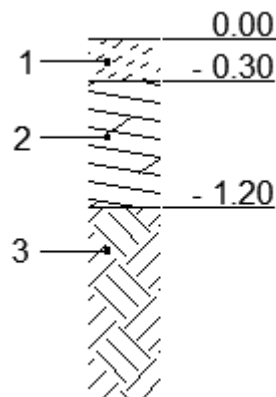


Figura 38: Capas de suelo presentes en el terreno

4.2. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO BATEA

4.2.1. Verificación de dimensiones de batea

El objeto de la batea es contener el aceite proveniente del transformador de potencia. Es por ello que debe ser suficientemente grande como para almacenar la totalidad del mismo.

De acuerdo al folleto de TADEO SZERWENY S.A. (2018), se conoce que un transformador como el requerido para este proyecto cuenta con aproximadamente 35 toneladas de aceite.

$$v_a = \frac{m_a}{\delta_a} = \frac{35 \text{ t}}{0.895 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}} = 39.11 \text{ m}^3 \quad (1)$$

Obtenido el volumen de aceite, se verifica que esté contenido, de tal manera que se verifique que $h_a < h_w$, de acuerdo a la **Figura 39**.

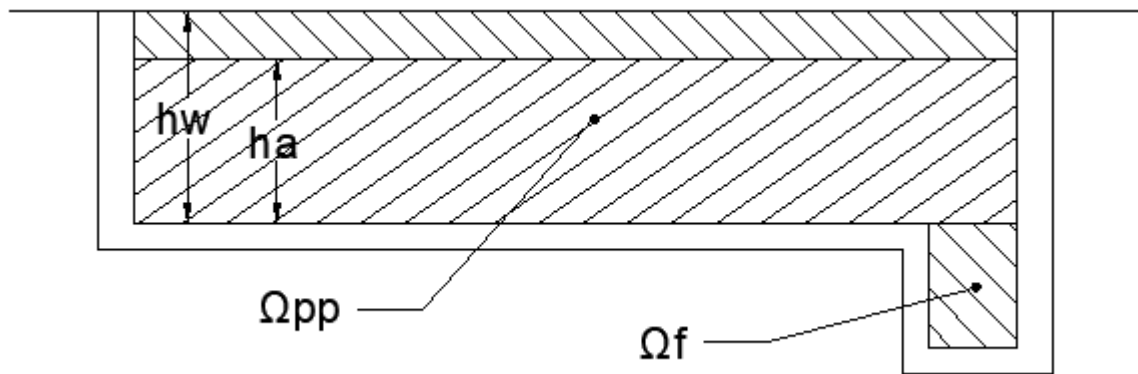


Figura 39: Columnas de agua y aceite

$$\text{Volumen fondo (Vf)} = (\Omega_f \times \text{Largo}) = 0.5 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 7.4 \text{ m} = 2.59 \text{ m}^3 \quad (2)$$

$$h_a = \frac{(v_a - v_f)}{\text{Largo} \times \text{Ancho}} = \frac{(39.11 \text{ m}^3 - 2.59 \text{ m}^3)}{7.4 \text{ m} \times 5 \text{ m}} = 0.98 \text{ m} \quad (3)$$

$$h_a < h_w = 1.20 \text{ m} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Sin embargo, esto, se debe tener presente que la mayor solicitud se plantea en caso de inundación del predio, puesto que se debería tener en cuenta la columna h_w . Incluso, el agua es capaz de desplazar al aceite por poseer mayor densidad.

4.2.2. Estabilidad del conjunto estructural

La bodega se compone de pantallas, que actúan como muros de contención. Los muros deben verificar a vuelco, deslizamiento y hundimiento, sin embargo, aquí tenemos poco riesgo

Respecto al vuelco, los esfuerzos equilibrantes son muy superiores a los de vuelco, y eso sin considerar la resistencia brindada por las pantallas de borde.

Respecto al deslizamiento, si bien existe diferencias de empuje, son pequeñas diferencias que son absorbidas en su totalidad por los esfuerzos generados en la interfaz hormigón-suelo, como resistencia por rozamiento.

Luego respecto al hundimiento, deberíamos verificar que

$$\begin{aligned} W_{se} &> W_e + W_a \\ v_t \times \delta_s &> v_t \times \delta_a + W_e \\ \delta_s &> \delta_a \quad \text{despreciando } W_e \\ 1.65 \frac{t}{m^3} &> 1.00 \frac{t}{m^3} \quad \rightarrow \quad \text{VERIFICA} \end{aligned} \quad (4)$$

Donde

W_{se} : Peso de suelo extraído

W_e : Peso estructura

W_a : Peso agua

Entonces a simple vista podemos considerar que no hay posibilidad de hundimiento, igualmente se determina en 0.

4.2.3. Peso de estructura

Se analiza el perfil de la estructura, separando sus partes en elementos más fáciles de analizar (**Figura 40**).

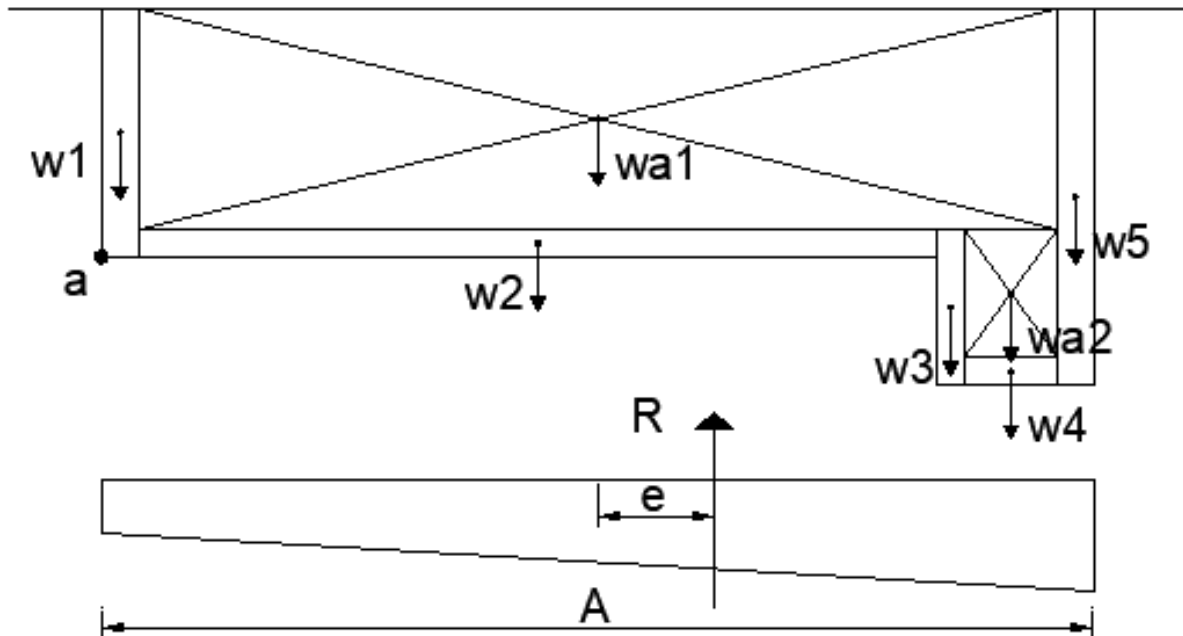


Figura 40: Esfuerzos verticales en una balsa llena de agua

$$\begin{aligned}
 w_1 &= 1.35 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 648 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \\
 w_2 &= 0.15 \text{ m} \times 4.35 \text{ m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1566 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \\
 w_3 &= 0.85 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 306 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \\
 w_4 &= 0.15 \text{ m} \times 0.50 \text{ m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \\
 w_5 &= 2.05 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 984 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \\
 w_{a1} &= 1.20 \text{ m} \times 5.00 \text{ m} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 984 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \\
 w_{a2} &= 2.05 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 984 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \\
 wt &= \sum wi = 10034 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = R
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

4.2.4. Verificación al hundimiento

En este paso, se verifica la tensión que se aplica al suelo, la cual no es constante, sino que posee una distribución lineal. Se debe entonces determinar las tensiones máximas y mínimas a las que se somete el suelo.

Entonces, como se aclaró previamente, la sollicitación máxima que se le aplica al suelo es aquella cuando la batea se encuentra llena al ras con agua.

$$\begin{aligned} Mom a = 0 &\rightarrow wi \times xi - R \times x = 0 \\ 29238 \text{ kg} &= R \times x \end{aligned} \quad (6)$$

$$x = 2.91 \text{ m}$$

$$e = x - \frac{A}{2} = 0.21 \text{ m} \quad (7)$$

Según el Reglamento CIRSOC 201 (2005), las ecuaciones a usar para calcular las tensiones máximas y mínimas de trabajo dependen de la siguiente relación:

$$e \leq \frac{A}{6} \rightarrow 0.21 \text{ m} \leq \frac{7.40 \text{ m}}{6} \leq 1.23 \text{ m} \quad (8)$$

Como la excentricidad es menor a dicho valor, las expresiones a utilizar son

(9)

Donde

$$P = R = 10034 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\Omega = 5.40 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} = 5.40 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{(5.40 \text{ m})^2 \times 1.00 \text{ m}}{6} = 4.86 \text{ m}^3$$

$$M = R \times e = 2107 \text{ kgm} \quad (10)$$

$$\sigma_{max} = 2291 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0.23 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{min} = 1425 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0.15 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{max} < \sigma_{adm} = 0.55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Como se había previsto, la estructura no presenta problemas de hundimiento.

4.2.5. Sollicitaciones en pantallas

4.2.5.1. Empujes en pantallas verticales P1, P2 y P6

Por empezar, es necesario conocer el coeficiente de empuje activo kA

$$kA = \frac{1 - \text{sen}\Phi}{1 + \text{sen}\Phi} \quad (11)$$

$$kA_1 = 1$$

$$kA_2 = 0.756$$

$$kA_3 = 0.869$$

Luego se determinan los empujes correspondientes, planteados en la **Figura 41**

$$Ph = kA \times \delta_s \times H \quad (12)$$

$$Ph_1 = kA_1 \times \delta_{s1} \times H_1 = 1 \times 1650 \frac{kg}{m^3} \times 0.30 m = 495 \frac{kg}{m^2}$$

$$Ph_2 = Ph_1 + kA_2 \times \delta_{s2} \times H_2$$

$$Ph_2 = 495 \frac{kg}{m^2} + 0.756 \times 1780 \frac{kg}{m^3} \times 0.90 m = 1706 \frac{kg}{m^2}$$

$$Ph_3 = Ph_2 + kA_3 \times \delta_{s3} \times H_3$$

$$Ph_3 = 1706 \frac{kg}{m^2} + 0.869 \times 1870 \frac{kg}{m^3} \times 0.70 m = 2844 \frac{kg}{m^2}$$

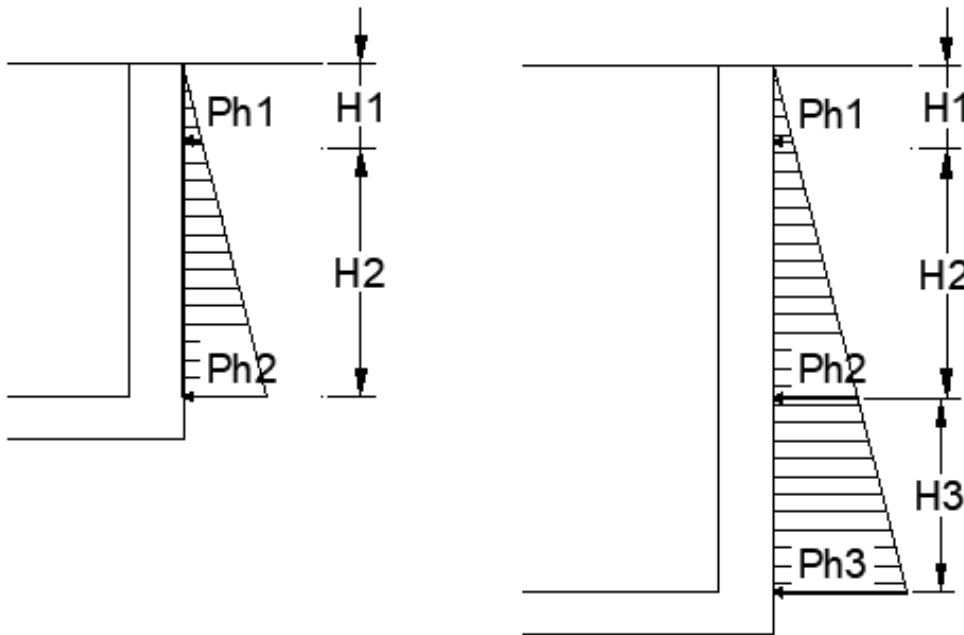


Figura 41: Empujes que solicitan a las pantallas 1 y 5

4.2.5.2. Empuje en pantalla P3

Así también, para la pantalla 3 se debe determinar un nuevo valor, como se observa en la **Figura 42**.

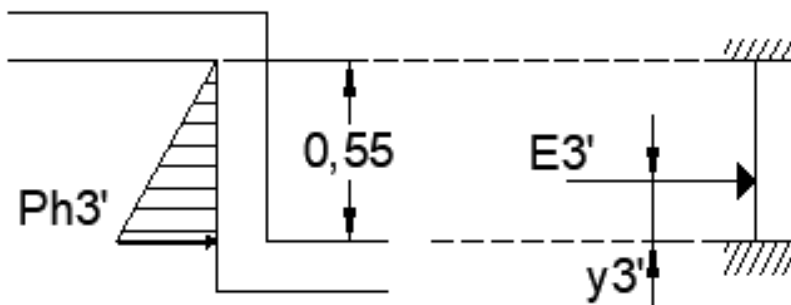


Figura 42: Empuje activo sobre la pantalla 3

Donde

$$y'_3 = \frac{0.55 \text{ m}}{3} = 0.18 \text{ m}$$

$$Ph'_3 = kA_3 \times \delta_{s3} \times H'_3 = 0.869 \times 1870 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.55 \text{ m} = 894 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad (13)$$

$$E'_3 = \frac{1}{2} Ph'_3 \times H'_3 = \frac{894 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{2} \times 0.55 \text{ m} = 246 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

4.2.5.3. Solicitaciones de fondo

Las solicitaciones se consideran en base a los valores obtenidos en la Ecuación (10). Basados en la **Figura 43**, tenemos que:

$$Pf_1 = \sigma_{max} = 2291 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad (14)$$

$$Pf_2 = \sigma_{min} = 1425 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Pf_x = Pf_1 + \frac{(Pf_2 - Pf_1)}{l} \times x \quad (15)$$

$$Pf_3 = 2178 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

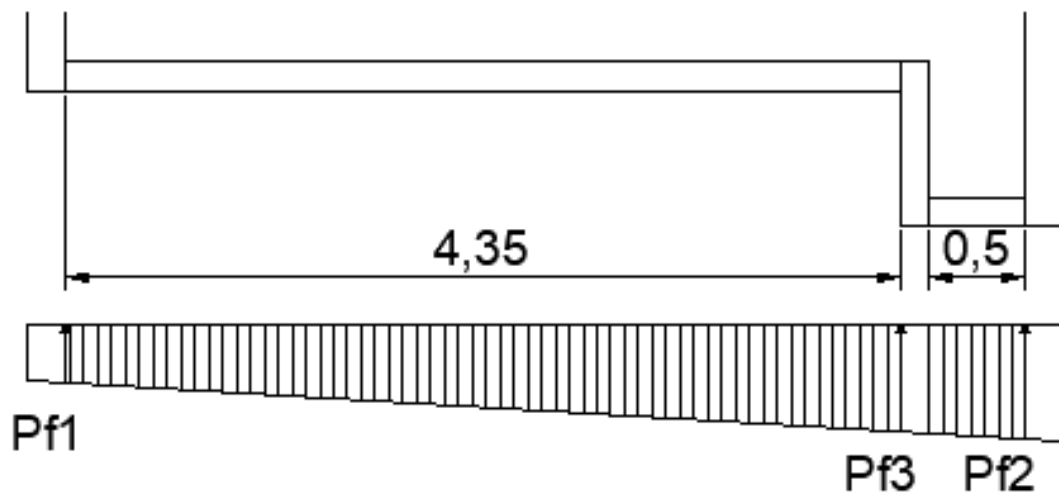


Figura 43: Solicitaciones de fondo

4.2.6. Cálculo de solicitaciones

Nos encontraremos con dos casos diversos. En las pantallas 1, 2, 4, 5 y 6, se tiene en cuenta la pantalla empotrada en ambos extremos, como se aprecia en la **Figura 44**, con una carga distribuida que se corresponda con el empuje máximo en su zona y una longitud igual al ancho de la misma.

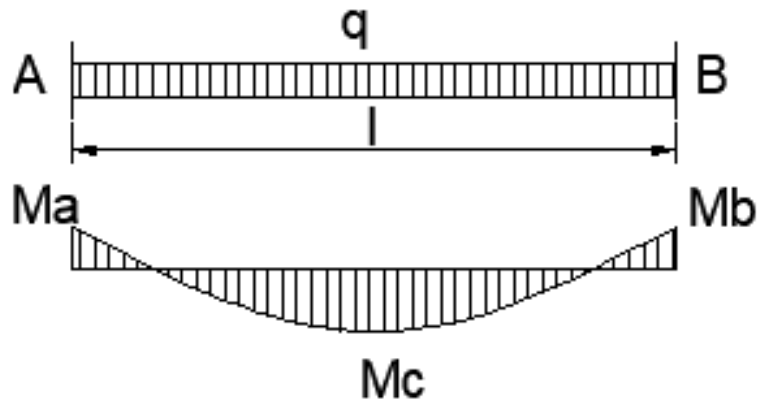


Figura 44: Esquema de esfuerzos y diagrama de momentos para pantallas

Donde:

$$M_c = \frac{q \times l^2}{24} \quad (16)$$

$$M_a = M_b = -\frac{q \times l^2}{12} \quad (17)$$

Mientras, en pantalla 3, para simplificar el cálculo de las sollicitaciones, consideramos una pantalla empotrada en ambos extremos con una carga puntual ubicada en el medio de la pantalla, entonces:

$$-M_a = -M_b = M_c = \frac{P \times l}{8} \quad (18)$$

4.2.6.1. Pantalla P1

$$q_1 = Ph_2 \quad \rightarrow \quad M_{c1} = 3892 \frac{kgm}{m} \wedge M_{a1} = -7785 \frac{kgm}{m}$$

$$l_1 = 7.40 \text{ m}$$

4.2.6.2. Pantalla P2

$$q_1 = Pf_2 \quad \rightarrow \quad M_{c2} = 1717 \frac{kgm}{m} \wedge M_{a2} = -3434 \frac{kgm}{m}$$

$$l_2 = 4.35 \text{ m}$$

4.2.6.3. Pantalla P3

$$P = E'_3 \quad \rightarrow \quad M_3 = 21 \frac{kgm}{m}$$

$$l_3 = 0.55 \text{ m}$$

4.2.6.4. Pantalla P4

$$q_1 = Pf_3 \quad \rightarrow \quad M_{c1} = 24 \frac{kgm}{m} \wedge M_{a1} = -48 \frac{kgm}{m}$$

$$l_4 = 0.50 \text{ m}$$

4.2.6.5. Pantalla P5

A esta la podemos separar en dos partes: la primera de empuje y características iguales a P1 (hasta -1.20 m de profundidad)

$$q_5' = Ph_2 \quad \rightarrow \quad Mc_5' = 3892 \frac{kgm}{m} \wedge Ma_5' = -7785 \frac{kgm}{m} \quad (19)$$
$$l_5' = 7.40 \text{ m}$$

Y luego, en la zona profunda (desde -1.20 m de profundidad)

$$q_5'' = Ph_3 \quad \rightarrow \quad Mc_5'' = 4543 \frac{kgm}{m} \wedge Ma_5'' = -9086 \frac{kgm}{m}$$
$$l_5'' = 7.40 \text{ m}$$

4.2.6.6. Pantalla P6

$$q_6 = Ph_2 \quad \rightarrow \quad Mc_6 = 1777 \frac{kgm}{m} \wedge Ma_6 = -3554 \frac{kgm}{m}$$
$$l_6 = 5.00 \text{ m}$$

4.2.7. Cálculos de armaduras

Se procede siguiendo la metodología planteada por CIRSOC 201 (2005), donde

$$Mn = \frac{M}{\phi} \quad \text{con} \quad \phi = 0.9 \quad (20)$$

$$kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{b}}} \quad (21)$$

$$As = ke \times \frac{Mn}{d} \quad (22)$$

$$Arep = \frac{1}{5} \times As \quad (23)$$

4.2.7.1. Pantalla P1

$$Mn_{a1} = -0.086 \text{ MNm} \quad \wedge \quad Mn_{c1} = 0.043 \text{ MNm}$$

$$d_1 = 0.17 \text{ m}$$

$$b_1 = 1.00 \text{ m}$$

$$kd_{a1} = 0.580 \quad \rightarrow \quad ke_{a1} = 26.399$$

$$kd_{c1} = 0.820 \quad \rightarrow \quad ke_{c1} = 25.000$$

$$As_{a1} = 13.35 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 10\emptyset 12 \text{ mm c/10 cm}$$

$$As_{c1} = 6.32 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 5\emptyset 12 \text{ mm c/20 cm}$$

$$Arep_{a1} = 2.67 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 6\emptyset 8 \text{ mm c/16 cm}$$

$$Arep_{c1} = 1.17 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 5\emptyset 8 \text{ mm c/20 cm (mínimo)}$$

4.2.7.2. Pantalla P2

$$\begin{array}{lcl} Mn_{a2} = 0.038 \text{ MNm} & \wedge & Mn_{c2} = 0.019 \text{ MNm} \\ & & d_2 = 0.10 \text{ m} \\ & & b_2 = 1.00 \text{ m} \\ kd_{a2} = 0.513 & \rightarrow & ke_{a2} = 27.250 \\ kd_{c2} = 0.725 & \rightarrow & ke_{c2} = 25.150 \\ \\ As_{a2} = 10.32 \text{ cm}^2 & \rightarrow & 10\emptyset 12 \text{ mm c/10 cm} \\ As_{c2} = 4.78 \text{ cm}^2 & \rightarrow & 10\emptyset 8 \text{ mm c/10 cm} \\ \\ Arep_{a2} & \rightarrow & \text{mínimo} \\ Arep_{c2} & \rightarrow & \text{mínimo} \end{array}$$

4.2.7.3. Pantalla P3

$$\begin{array}{lcl} Mn_3 = 0.023 \text{ KNm} & \rightarrow & \text{insignificante} \\ \\ As_{a3} & \rightarrow & \text{mínimo} \\ As_{c3} & \rightarrow & \text{mínimo} \\ \\ Arep_{a3} & \rightarrow & \text{mínimo} \\ Arep_{c3} & \rightarrow & \text{mínimo} \end{array}$$

4.2.7.4. Pantalla P4

$$\begin{array}{lcl} Mn_{a4} = 0.048 \text{ KNm} & \wedge & Mn_{c4} = 0.024 \text{ KNm} \\ & & \text{Ambos son insignificantes} \\ \\ As_{a4} & \rightarrow & \text{mínimo} \\ As_{c4} & \rightarrow & \text{mínimo} \\ \\ Arep_{a4} & \rightarrow & \text{mínimo} \\ Arep_{c4} & \rightarrow & \text{mínimo} \end{array}$$

4.2.7.5. Pantalla P5

Hasta -1.20 m de profundidad, se utilizan los valores obtenidos en 4.2.7.1 Pantalla P1, luego se utilizan los siguientes resultados :Pantalla P1

$$\begin{array}{rcl}
Mn_{a5} = 0.130 \text{ MNm} & \wedge & Mn_{c5} = 0.065 \text{ MNm} \\
& & d_5 = 0.17 \text{ m} \\
& & b_5 = 0.90 \text{ m} \\
kd_{a5} = 0.447 (*) & \rightarrow & ke_{a5} = 28.324 \\
kd_{c5} = 0.633 & \rightarrow & ke_{c5} = 26.300 \\
As_{a5} = 21.62 \text{ cm}^2 & \rightarrow & 10\emptyset 16 \text{ mm c/10 cm} \\
As_{c5} = 10.06 \text{ cm}^2 & \rightarrow & 10\emptyset 12 \text{ mm c/10 cm} \\
Arep_{a5} = 4.32 \text{ cm}^2 & \rightarrow & 10\emptyset 8 \text{ mm c/10 cm} \\
Arep_{c5} & \rightarrow & \text{mínimo}
\end{array}$$

Notar que en éste caso (*) no verificaría, sin embargo, el cálculo realizado es una estimación en la que no se tiene en cuenta la restricción que otorga el fondo de la batea, el cual contribuiría a que nunca se ejerza el total del Mn. Además, con 1 cm extra en el valor de d, permitiría que nuestra estructura verifique. Todo esto hace que se tome el valor Ke máximo, pero sin redimensionar.

4.2.7.6. Pantalla P6

$$\begin{array}{rcl}
Mn_{a6} = -0.040 \text{ MNm} & \wedge & Mn_{c6} = 0.020 \text{ MNm} \\
& & d_6 = 0.17 \text{ m} \\
& & b_6 = 1.00 \text{ m} \\
kd_{a6} = 0.850 & \rightarrow & ke_{a6} = 24.900 \\
kd_{c6} = 1.202 & \rightarrow & ke_{c6} = 24.301 \\
As_{a6} = 5.86 \text{ cm}^2 & \rightarrow & 5\emptyset 12 \text{ mm c/20 cm} \\
As_{c6} = 2.86 \text{ cm}^2 & \rightarrow & \text{mínimo} \\
Arep_{a6} = \text{mínimo} \\
Arep_{c6} = \text{mínimo}
\end{array}$$

4.3. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO VIGA

4.3.1. Análisis de método de cálculo de solicitaciones

La viga sobre la que se instalan los rieles y se monta el transformador de potencia, tiene la particularidad de ser una viga de fundación. Esto da pie a que se pueda modelar y construir de dos maneras distintas: rígida o flexible.

En el caso de considerar una viga de fundación del tipo rígida, se podría diseñar como una base combinada con viga de equilibrio, puesto que la fundación tiene apoyo efectivo en dos partes y una parte oficia como "vínculo" entre ellas. Esta opción es lógica, debido a las dimensiones de la estructura, sin embargo, plantea problemas a la hora de generar el modelo

de cálculo. Esto se debe a que, al asignarle cargas equivalentes a las tensiones de trabajo del suelo, el modelo se comporta de forma errónea, generando reacciones que no existen.

Por su parte, la opción de fundación flexible es más fiel a la realidad, considerando que la totalidad del esfuerzo se aplica en un margen acotado de 3 metros y que el suelo se comporta de manera diferente allí, ofreciendo mayor resistencia a partir de una deformación localizada. Además de esto, el programa SAP2000 ofrece herramientas para resolverlo de la manera más fiel posible, colocando resortes en los nudos de la viga que trabajan sólo a compresión.

Los resortes tienen un coeficiente de rigidez derivada del coeficiente de balasto k_{30} de un ensayo de suelos.

4.3.2. Obtención del coeficiente de rigidez de resorte a utilizar

El coeficiente de rigidez a utilizar en los resortes del modelo de SAP2000 derivan de un estudio de suelos de una empresa privada local en un terreno vecino del PAER (**Tabla 20**)

El coeficiente de balasto k_{30} o también llamado módulo de Winkler se obtiene a partir de un ensayo sobre una placa cuadrada de 0,30 m de lado, en el cual se aplica una fuerza que se mide en tiempo real junto con la deformación que experimenta el suelo (desplazamiento vertical de la placa).

$$k_{30} = \frac{\sigma}{\Delta} \left[\frac{kg/cm^2}{cm} \right]$$

A este valor hay que extrapolarlo a un coeficiente adaptado a las dimensiones reales de la cimentación. Según TERZAGHI & PECK (1973), se procede de la siguiente manera:

$$k_{B \times B} = k_{30} \times \frac{0.30 [m]}{B [m]} \quad (24)$$

$$k_{B \times L} = k_{B \times B} \times \left(1 + 0.5 \times \frac{B}{L} \right) \times \frac{1}{1.5} \quad (25)$$

Donde la ecuación (24) equivale al coeficiente de balasto adaptado para una base cuadrada de dimensiones BxB y la ecuación (25) equivale al coeficiente de balasto adaptado para una base rectangular de dimensiones BxL. Entonces, teniendo:

$$k_{30} = 0.62 \frac{kg}{cm^3}$$

$$B = 2.90 \text{ m}$$

$$L = 11.22 \text{ m}$$

Obtengo:

$$k_{B \times B} = 0.0641 \frac{kg}{cm^3}$$

$$k_{B \times L} = 0.04826 \frac{kg}{cm^3}$$

Por último, para obtener el coeficiente de rigidez de cálculo ($k_{\text{cálculo}}$), debo multiplicar el coeficiente adaptado para la base rectangular por el área de aplicación de cada resorte, como se aclara en la ecuación (26).

$$k_{\text{calc}} = k_{B \times L} \times \text{área de aplicación} \quad (26)$$

Esta área es de 0.30 m x 1.45 m (**Figura 45**) en los nudos centrales y de 0.15 m x 1.45 m en los nudos extremos. El largo del área es 1.45 debido a que es la mitad de la base B, ya que transversalmente puedo identificar dos vigas. El ancho del área es de 0.30 m debido a que los nodos a insertar en el modelo están separados cada 30 cm.

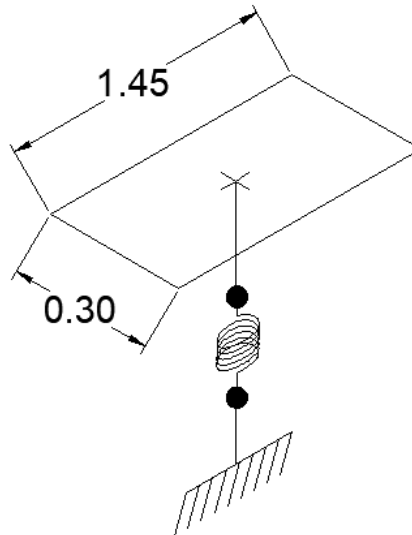


Figura 45: Esquema de aplicación de resorte

Entonces:

$$k'_{calc} = k_{B \times L} \times l \times a' \quad (27)$$

$$k''_{calc} = k_{B \times L} \times l \times a'' \quad (28)$$

Donde:

$$l = 145 \text{ cm}$$

$$a' = 30 \text{ cm}$$

$$a'' = 15 \text{ cm}$$

Obtenemos:

$$k'_{calc} = 209.91 \frac{kg}{cm}$$

$$k''_{calc} = 104.96 \frac{kg}{cm}$$

4.3.3. Condiciones del modelo a analizar

El esfuerzo principal que solicita la viga se puede esquematizar como dos cargas puntuales, cada una igual a un cuarto del peso total del transformador de potencia, separadas una distancia igual a la distancia entre los ejes de las ruedas del mismo, la cual es de 3 metros.

Se considera un esfuerzo de 25 toneladas, ya que como se aprecia en la **Figura 37**, podemos considerar la base del transformador como dos vigas vinculadas, donde cada una de ellas soporta la mitad del esfuerzo, distribuido en dos ruedas en cada caso.

Sin embargo, por más que el transformador se encuentre en su posición final, la totalidad de la viga debe ser capaz de soportar el mismo, ya que ésta se desplaza a lo largo para su montaje y mantenimiento.

El modelo para el programa SAP2000 se plantea entonces como una viga de las medidas planteadas en la **Figura 36**, con puntos cada 0.30 m. A cada punto le corresponde un "spring" o apoyo flexible, salvando la zona donde la viga de fundación no hace contacto con el suelo.

Cada resorte tiene como coeficiente de rigidez el valor obtenido de $k_{calculado}$ correspondiente.

Respecto a los esfuerzos se plantean con una separación de 3.00 m, en coincidencia con puntos del modelo.

La viga se plantea con un “automesh” con una separación de 0.10 m. Esto quiere decir que se analiza por el método de elementos finitos, subdividiendo la viga en n elementos de 0.10 m, trabajando elásticamente.

Además, para simular el efecto al que se somete la viga cuando el transformador corre por los rieles, se plantean 15 estados de carga distintos, donde cada uno corresponde a un tiempo distinto del traslado del transformador. Concretamente es: manteniendo la separación de 3.00 m entre esfuerzos verticales, se corren en el eje x 0.60 m por cada estado de carga, generando así 15 resultados diferentes.

Estos resultados pueden ser conglomerados por medio de la opción “Envolvente” en el cual el diagrama resultante es la superposición de todos los diagramas, de esta manera con un solo resultado, se puede dimensionar la viga para las peores condiciones de cargas posibles.

4.3.4. Resultados del modelo de SAP2000

En la **Figura 46** se puede apreciar cambio del diagrama de momentos flectores a medida que los esfuerzos, debidos al peso del transformador, avanzan por las vías.

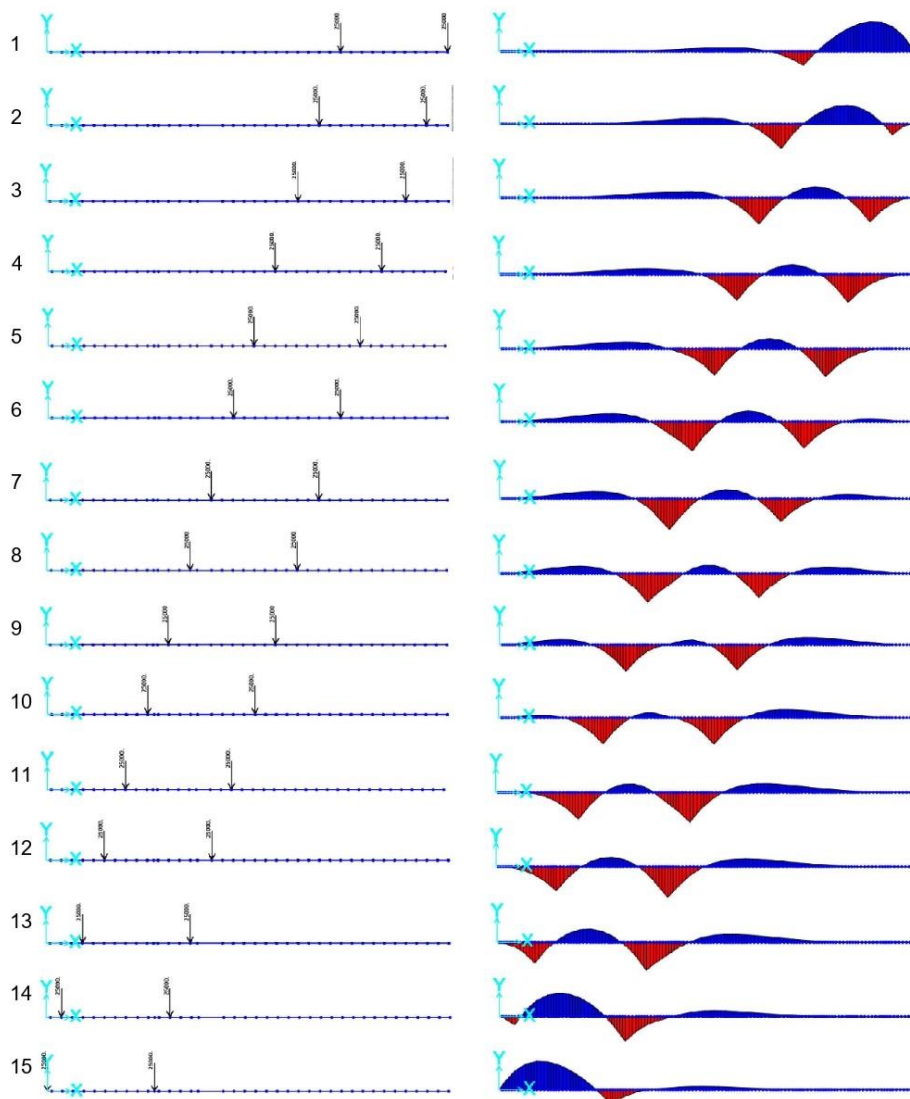


Figura 46: Esfuerzos solicitantes y diagramas de momentos flectores en cada estado

En la **Figura 47**, se presenta la envolvente de los diversos diagramas de momento flector, obtenidos en base a los 15 estados posibles, donde las solicitaciones máximas y mínimas son:

$$M_{min} = -12 \text{ tnm}$$

$$M \text{ tramo medio} = M_{tm} = -3 \text{ tnm}$$

$$M_{max} = 10 \text{ tnm}$$

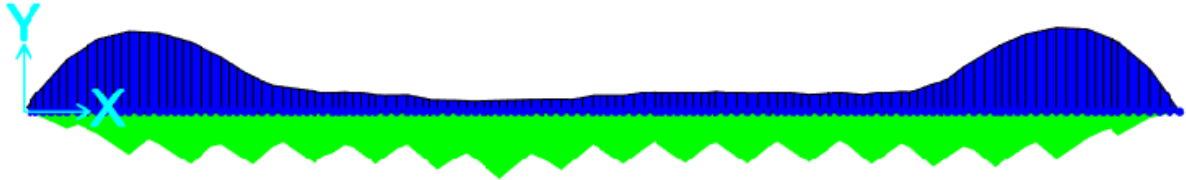


Figura 47: Envolvente de los 15 diagramas de momento flector

4.3.5. Verificación de dimensiones y cálculos de armaduras

Para el cálculo de hormigón se utilizan las ecuaciones (20), (21) y (22), donde los datos de cálculo son los siguientes

$$Mn_{min} = -0.130 \text{ MNm}$$

$$Mn_{tm} = -0.033 \text{ MNm}$$

$$Mn_{max} = 0.106 \text{ MNm}$$

$$d_1 = 1.20 \text{ m}$$

$$b_1 = 0.30 \text{ m}$$

$$kd_{min} = 1.823 \quad \rightarrow \quad ke_{min} = 24.301$$

$$kd_{tm} = 3.618 \quad \rightarrow \quad ke_{tm} = 24.301$$

$$kd_{max} = 2.019 \quad \rightarrow \quad ke_{max} = 24.301$$

$$As_{min} = 2.63 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 4\emptyset 10 \text{ mm } (3.14 \text{ cm}^2)$$

$$As_{tm} = 0.67 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 2\emptyset 10 \text{ mm } (1.57 \text{ cm}^2)$$

$$As_{max} = 2.15 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 3\emptyset 10 \text{ mm } (2.36 \text{ cm}^2)$$

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1. INTRODUCCIÓN

Corresponde realizar un Estudio de Impacto Ambiental (EslA), ya que como cualquier obra de estas magnitudes implica un potencial de riesgo alto de ocasionar daños graves tanto a las personas como al medio ambiente.

El EslA es la documentación presentada por el responsable del proyecto o emprendimiento ante la Autoridad de Aplicación, cuyo principal objetivo es identificar, predecir y valorar el impacto ambiental que las etapas de la obra puedan generar y proponer medidas adecuadas de atenuarlas o neutralizarlas.

Según el Decreto N° 0101 de la Ley N° 11.717 (2009), Cap. II, Art. 12º, el proyecto se engloba en la Categoría 3: De Alto Impacto Ambiental.

Se consideran entonces, los impactos tanto positivos como negativos, evaluados cualitativa y cuantitativamente y su zona de influencia, sobre el medio y los aspectos sociales, económicos y culturales influyentes.

Los impactos, se consideran generados en las diversas etapas de la obra, las cuales son: primeramente, la preparación del sitio; luego la etapa de construcción; y por último la etapa de operación y mantenimiento. No se considera una etapa de abandono debido a que la vida útil de este tipo de proyectos es muy extensa.

5.2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Para el estudio de impacto ambiental, se utiliza el Método PROGROS II de evaluación de impacto ambiental, mediante el desarrollo de matrices semicuantitativas, desarrollado por KACZAN Y GUTIÉRREZ (2009), que consta en generar una matriz causa-efecto donde analizar las acciones y sus efectos en el medio.

La matriz está compuesta por: un cabezal vertical, donde se colocan las acciones que se llevan a cabo en el predio, de modo que cada acción analizada configura una fila en la matriz; y un cabezal horizontal, donde se colocan los distintos componentes del medio receptor, agrupados en ítems específicos factibles de ser impactados, de modo que a cada ítem le corresponda una columna.

En la intersección de cada fila con las diferentes columnas, se originan casilleros en los cuales resulta posible describir, mediante la utilización de criterios y pesos diferentes para cada variable utilizada, las características de cada impacto. Al no existir metodologías universalmente aceptadas y de uso común, se adopta en la presente evaluación, los criterios para valoración de impactos de la **Tabla 21**.

Para la descripción del impacto en cada casillero de la matriz confeccionada, se utiliza el conjunto de símbolos, ordenados como se indica en la misma **Tabla 21**.

En todo caso donde la acción no implique efecto directo o indirecto sobre los componentes de un medio receptor en particular, se considera que la misma no genera efectos. Este caso se identifica mediante ocho puntos consecutivos:

Una vez confeccionada la matriz, se puede evaluar sus resultados y por medio de éstos, tomar decisiones sobre los programas de monitoreo ambiental, los cuales pueden ser modificados o intensificados incluso antes de que se lleven a cabo las acciones.

Tabla 21: Indicadores para completar las grillas de la matriz

Orden	Característica	Símbolo	Aclaración	
1	Signo	+	Positivo	Beneficioso
		-	Negativo	Perjudicial
		X	Probable	Difícil de calificar sin estudios específicos
		.....	No evaluado	-
2	Importancia	1	Menor	Grado de perturbación
		2	Mediana	
		3	Mayor	
3	Probabilidad o riesgo de ocurrencia	C	Cierta	Probabilidad de que se presenten
		P	Posible	
4	Duración	T	Temporaria	Solo se presenta una vez
		V	Recurrente	Aparece con intermitencias
		S	Permanente	Será persistente en el tiempo
5	Término de ocurrencia	E	Inmediato	Momento en el que se produce el impacto
		M	Mediato	
		L	A largo plazo	
6	Reversibilidad	B	Reversible a corto plazo	El elemento perturbado puede retornar a sus condiciones iniciales
		D	Reversible a mediano plazo	
		H	Reversible a largo plazo	
		I	Irreversible	-
		K	No considerado	-
7	Extensión areal	F	Focalizada	Territorio involucrado
		A	Local	
		R	Regional	
		G	Global	
8	Necesidad de monitoreo de los efectos considerados	Y	Si	-
		N	No	

5.3. EVALUACIÓN GENERAL DE IMPACTO AMBIENTAL

Se evalúa la matriz generada cuantitativa y cualitativamente, tanto impactos positivos como negativos que amenazan cada etapa del proyecto.

Las etapas del proyecto que se plantean en el anexo A06, se determinaron tomando como referencia los trabajos de CONFLUENCIA (2015), BAZTAN INNOCENTI (2018) y el EsIA de una planta potabilizadora (GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE, 2016)

5.3.1. Impactos sobre el medio físico

5.3.1.1. Etapa de preparación de sitio y construcción

Durante la etapa de preparación y construcción, el material sobrante producto de las excavaciones necesarias debe ser acumulado en un sector apropiado dentro del predio, de manera de no afectar terrenos adyacentes o bien obturar posibles líneas de drenaje naturales del terreno. Una vez finalizadas las obras, el material sobrante debe ser dispuesto convenientemente, y tratado como residuo según corresponda.

En la medida que sea posible, para todas las acciones que impliquen movimiento de suelos, se realiza selección de los suelos vegetales, para luego utilizar la porción de suelo orgánico en la recomposición de sitios que así lo requieran.

En la construcción se genera impactos en cuanto a emisión de ruidos, olores y polución del aire mediante la emisión de gases y partículas, generados por los vehículos, equipos y maquinaria pesada, sin embargo, son de carácter transitorio.

Los movimientos de suelo, implican cambios importantes en las características del mismo y en el escurrimiento de aguas superficiales, por lo que deben ser tenidos en cuenta a la hora de dimensionar los desagües pluviales del predio.

Puede que se necesite generar depresión de napas a la hora de realizar excavaciones, pero una vez concretadas las obras, se retira la bomba y las aguas subterráneas vuelven a su normalidad, por lo que se considera que no se ven afectadas en esta etapa.

Si bien suprime la capa de suelo vegetal, la actualidad de la flora del terreno no dista mucho de las características finales del mismo. Además, se debe tener en cuenta que son tierras destinadas a emprendimientos industriales, por lo que es un impacto justificado.

La fauna se ve fuertemente desplazada del lugar, pero para la instancia de operación de la SET, es una condición necesaria, por lo que este impacto negativo es necesario.

El impacto sobre el paisaje es negativo, pero no de gran importancia, puesto que es transitorio.

5.3.1.2. Etapa de operación y mantenimiento

En esta etapa podemos considerar que no hay impacto en el aire o el suelo, ya que el tránsito en el predio se reduce al mínimo.

El escurrimiento de aguas superficiales puede verse levemente afectado. Debido a la compactación general que se genera en el predio, puede que se disminuya la permeabilidad del suelo. Si a esto, le sumamos que los caminos aportan un mayor grado de impermeabilidad. Sin embargo, el predio se encuentra lindante a un canal, donde se puede desaguar rápidamente, sin afectar el flujo normal del mismo.

El principal problema que puede llegar a ocurrir en esta etapa es la eventual filtración de aceites refrigerantes del transformador de potencia hacia las aguas subterráneas. Esto supone un problema grave, pero se considera que no existe posibilidad de dicha situación debido al diseño de la batea, dispuesta para contener dicho líquido y direccionarlo a un tanque receptor.

Respecto a la flora, se tiene un balance neutro ya que no hay grandes modificaciones respecto al estado original del terreno.

En cuanto a la fauna, se puede considerar un impacto relativamente neutro. Esto se debe a que actualmente el PAER se encuentra cerrado por un alambrado perimetral que restringe el paso de animales grandes. En cuanto a aves y roedores, en cambio, puede que haya un impacto levemente negativo, ya que para mantener la SET operativa y sin problemas, se debe gestionar un control activo de las mismas, erradicándolos del predio.

Luego, podemos argumentar que la SET se encuentra acorde al paisaje del PAER, ya que sólo hay galpones industriales y no rompe con la arquitectura de la zona. Además, es una zona poco concurrida por la gente, lo que hace que sea un factor poco relevante.

5.3.2. Impactos sobre los componentes socioeconómicos

El proyecto se lleva a cabo en terrenos pertenecientes a la provincia, que se encuentran junto a una estación de rebaje perteneciente a EPE. Esto, implica que el impacto generado por la expropiación de terreno no se considera de gran importancia. Sumado a esto, se considera que se pueden utilizar las estructuras actuales del predio 33kV-13,2kV lo cual significa un aprovechamiento importante del uso del territorio.

Se puede considerar que el impacto que genera en la sociedad a nivel infraestructura es muy importante, ya que les permite a los habitantes de la ciudad desarrollar emprendimientos de alta envergadura en la zona industrial de Rafaela, lo cual trae aparejado un crecimiento en la cantidad de empleos. Sumado a esto, se considera que las SET Sur y Oeste pueden ofrecer un servicio más eficiente.

Además, implica un potencial beneficio económico a la región, ya que las localidades ubicadas aguas abajo en la red, requieren que las SET actuales se encuentren funcionales y sin problemas. Si ocurre algún inconveniente que implique la interrupción del suministro de energía eléctrica en los niveles de 132 kV, se podría tener la SET Norte como un puente hacia la red, aislando la SET que se encuentre con problemas.

La construcción del predio implica impactos levemente negativos en la seguridad e higiene laboral, pero estos son minimizados si se toman las precauciones y medidas de seguridad necesarias en cada caso. Así mismo sucede en la etapa de operación y mantenimiento, donde los operarios deben seguir estrictamente las normas necesarias para resguardar su bienestar.

La creación de la subestación y todas sus instalaciones complementarias, genera un gran número de puestos de trabajos, ya sea para su construcción, el funcionamiento del mismo, el mantenimiento de equipos y los futuros monitoreos.

5.3.3. Análisis cuantitativo de los impactos

A continuación, se realiza el cómputo y análisis de los impactos cuantitativamente. En la **Tabla 22** se pueden apreciar las cantidades de casilleros analizados y su impacto, mientras que en la **Tabla 23** se discriminan los casilleros analizados, generando dos columnas, una de impactos positivos y otra de negativos. En cada fila se especifica la cantidad que corresponden a cada valor de la escala y el porcentaje correspondiente sobre las cantidades totales de casos de impacto positivo o negativo, según corresponda.

Tabla 22: Total de casilleros analizados y porcentajes de los impactos

	Elemento analizado	Cantidad	%
Casilleros	Demanda evaluación	139	31%
	No demanda evaluación	303	69%
	Total de casilleros	442	100%
Impacto	+ Positivo	96	69%
	- Negativo	43	31%
	X Probable	0	0%

Tabla 23: Discriminación de los impactos analizados

Carácter	Escala	Positivo		Negativo	
Importancia	1 Menor	52	54%	38	88%
	2 Mediana	24	25%	4	9%
	3 Mayor	20	21%	1	2%
Probabilidad o riesgo de ocurrencia	C Cierta	67	70%	30	70%
	P Posible	29	30%	13	30%
Duración	T Temporaria	40	42%	25	58%
	V Recurrente	29	30%	4	9%
	S Permanente	27	28%	14	33%
Término de ocurrencia	E Inmediato	46	48%	35	81%
	M Mediato	12	13%	4	9%
	L A largo plazo	38	40%	4	9%
Reversibilidad	B Rev. a corto plazo	8	8%	17	40%
	D Rev. a mediano plazo	0	0%	3	7%
	H Rev. a largo plazo	1	1%	2	5%
	I Irreversible	1	1%	13	30%
	K No considerado	86	90%	8	19%
Extensión areal	F Focalizada	83	86%	39	91%
	A Local	13	14%	4	9%
	R Regional	0	0%	0	0%
	G Global	0	0%	0	0%
Necesidad de monitoreo de los efectos considerados	Y Si	2	2%	5	12%
	N No	94	98%	38	88%

5.4. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Luego de haber confeccionado y analizado la matriz de impacto ambiental, se puede tomar como principal conclusión que, al margen de la característica positiva o negativa que pueda tener cada impacto, la gran mayoría son de carácter focalizado. Es decir, su impacto no se extiende más allá de las inmediaciones del predio. Comparando este factor con el hecho de que el beneficio que brinda a la localidad (y potencialmente a la región) es muy alto, se puede concluir que cualquier tipo de impacto negativo menor, se encuentra más que justificado.

Se debe tener en cuenta que el 11% de impactos negativos medios-mayores demandan supervisión y se necesitan medidas para prevenirlos o mitigarlos.

Por otra parte, no hay que dejar de tener en cuenta el sitio donde se lleva a cabo esta obra: el PAER es un lugar destinado exclusivamente para industrias, lo que implica que el proyecto no desentona con el perfil de la zona. Hay poca gente, poco tránsito y todos los terrenos son destinados a la producción de bienes o servicios, de alto impacto positivo en la economía local, por lo que la obra es una contribución importante a este entorno.

CONCLUSIONES

DEL TRABAJO

Uno de los resultados obtenidos, fue alcanzar un conocimiento general de las partes y el funcionamiento de una estación transformadora y, en consecuencia, de sus necesidades. Para lograrlo, se estudiaron los pliegos de obra de las ET Rafaela sur y una ET de Santo Tomé, se llevó a cabo una visita técnica guiada por personal de la EPE en la ET Rafaela sur y se realizó consulta a bibliografía del tema.

Se concluye que el principal beneficio que brinda una nueva estación transformadora en la ciudad es acompañar el crecimiento urbano del norte de la ciudad, así como al desarrollo industrial, focalizado en el Parque de Actividades Económicas, con un servicio más estable, eficaz y acorde a las demandas energéticas. Además, se optimiza el rendimiento de las redes, disminuyendo así el costo operativo generado por las pérdidas técnicas.

A partir de la información de catastro y de las redes eléctricas obtenida en el GIS de EPE, se pudo identificar que el terreno número 57 del anexo A04, es el más apropiado para llevar a cabo la obra. Se tuvieron en cuenta factores como la zona urbana de influencia, a la cual brindaría una mejora importante del servicio, la distancia a la red de alta tensión, que tiene incidencia directa en el costo final del proyecto y la potencialidad de entrelaza las nuevas redes con las existentes, que permitiría evitar recorridos innecesarios y por lo tanto disminuir las pérdidas técnicas.

Se han identificado y descrito las principales técnicas constructivas, tanto para las estructuras, como para el entorno y las instalaciones secundarias. Así también, las maquinarias y materiales que se emplean en todas las etapas de la obra.

Con los criterios adquiridos en los primeros capítulos, se diseñó la traza de los caminos y se distribuyeron los elementos en el terreno. Todos los elementos prefabricados se seleccionaron siguiendo las normativas propias de la empresa y verificando para cada caso su disponibilidad en el mercado. Así mismo, se realizaron planos con las dimensiones requeridas para cada uno, su disposición final y forma de montaje.

A pesar de contar con las características de la mayoría de los elementos, fue necesario llevar a cabo el análisis de la base del transformador de potencia, el cual fue dividido en dos partes: la batea de contención de aceite y la viga que oficia de zapata.

Para determinar los esfuerzos que solicitan al sistema de la batea, se partió de la hipótesis de que cada una de sus caras se comporta como un muro de contención con soportes laterales, identificando cada una de ellas como pantallas.

Para el caso de la viga, se evaluó la posibilidad de aplicar las técnicas de cálculo de solicitaciones de una base combinada con viga de equilibrio, sin embargo, se optó por considerarla como una estructura flexible, donde las resistencias que ofrece el suelo dependen de la posición de los esfuerzos que se aplican. Esta última, es una hipótesis más acertada, puesto que el transformador puede ubicarse en distintas posiciones a lo largo de la viga.

Para ambos casos fue crucial contar con un estudio de suelos que respalde los valores a utilizar en los análisis. Gracias a éste, se pudieron determinar los valores de empuje, las influencias del peso del suelo o el coeficiente de balasto para generar un modelo de cálculo confiable

Como resultado del análisis de impacto ambiental se concluye que la mayor parte de los impactos negativos que presenta la obra no se extienden más allá de las inmediaciones del terreno. Por otra parte, los beneficios que brinda una nueva estación transformadora en Rafaela compensan estos impactos. Además, el terreno destinado para la obra forma parte

del Parque de Actividades Económicas de Rafaela, por lo que el proyecto genera un impacto relativamente menor a otras posibles ubicaciones.

PERSONALES

Este proyecto, representa un claro ejemplo de trabajo multidisciplinar dentro de la ingeniería civil. Es corriente escuchar casos de asociaciones entre ingenieros civiles y arquitectos o ingenieros agrimensores, sin embargo, no es común vincularlo con profesionales de otras disciplinas, como en este caso, eléctricos o electromecánicos.

Personalmente, se cumplieron las expectativas de abordar una temática desconocida, estudiarla y comprenderla de forma ordenada. De esta manera, fue posible analizar una gran variedad de aristas, formando un criterio propio y generando respuestas claras a problemas puntuales. Como resultado del trabajo realizado, se obtuvo un proyecto claro, con fundamentos justificados y fuentes confiables.

Este trabajo sirve como punto de partida para el estudio y la proyección de las obras complementarias, como el edificio de comando y la obra de vinculación a red de alta tensión, o bien, profundizar en aspectos técnicos de la construcción de estaciones transformadoras.

REFERENCIAS

AASHTO T-180, 2019. *Ensayo Proctor modificado*, s.l.: s.n.

AASHTO T-99, 2019. *Ensayo Proctor estándar*, s.l.: s.n.

BAZTAN INNOCENTI, P. N., 2018. *Programa de gestión ambiental para obras eléctricas de 132 a 500 kV (Trabajo final integrador)*, Bernal, Argentina: Universidad Nacional de Quilmes.

BRUNO, L. G., 2011. *Ingeniería Eléctrica Explicada*. [En línea] Available at: <http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com/> [Último acceso: 21 Mayo 2020].

CECARRI, 2018. *Grupo CECARRI. Hormigón armado pretensado. Centrifugado/vibrado. Productos*. [En línea] Available at: <http://cecarri.com.ar/productos> [Último acceso: 2020].

CIRSOC 201, 2005. *Reglamento argentino de estructuras de hormigón*, s.l.: s.n.

CONFLUENCIA, 2015. *Informe ambiental de proyecto. Construcción de Línea Aérea de Transmisión de 132 Kv entre SET Manantiales Behr y Subestación Transformadora Yacimiento Escalante*, Neuquén: s.n.

ET 4, 1997. *Postes y crucetas de hormigón armado*, Córdoba: EPEC.

ETN 08, 1995. *Pórticos de hormigón armado para estaciones transformadoras*, Santa Fe: EPE.

ETN 40, 2019. *Especificaciones técnicas generales para la ejecución de obras civiles*. Santa Fe(Santa Fe): EPE.

ETN 60, 1984. *Aceite aislante para transformadores con tensiones de servicio de hasta 132 kV - 50 Hz*, Santa Fe: EPE.

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE, 2016. *Plan de gestión ambiental. Planta potabilizadora*. [En línea] Available at: [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/65729/319200/file/Descargar%20Plan de Gestion Ambiental.pdf](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/65729/319200/file/Descargar%20Plan%20de%20Gestion%20Ambiental.pdf) [Último acceso: 2020].

GOOGLE, 2020. *Google Maps*. [En línea] Available at: <https://www.google.com.ar/maps/> [Último acceso: 2020].

IRAM 1501-2, 2002. *Tamices de ensayo. Tela de tejido metálico, chapa metálica perforada y lámina electroformada. Tamaños nominales de abertura.*, s.l.: s.n.

IRAM 1510, 1961. *Metodos de ensayo de compresion de rocas.*, s.l.: s.n.

IRAM 1524, 1950. *Preparacion y curado en obras de probeta de hormigon para ensayo de flexion y compresion*, s.l.: s.n.

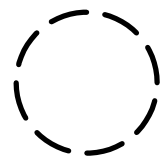
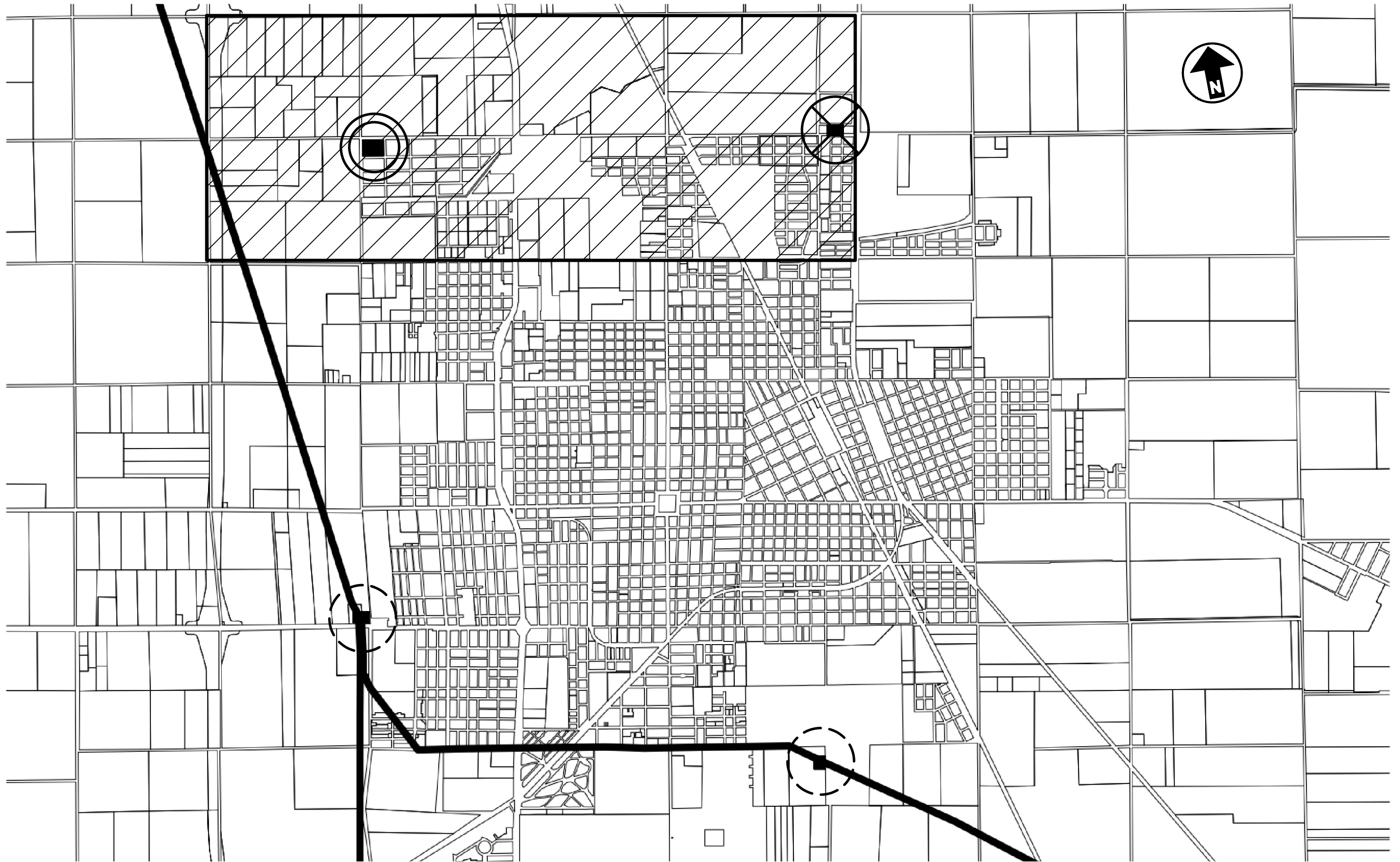
IRAM 1532, 2009. *Agregados. Determinación de la resistencia a la fragmentación por el método "Los Angeles"*, s.l.: s.n.

IRAM 1533, 2002. *Agregados gruesos. Método de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua.*, s.l.: s.n.

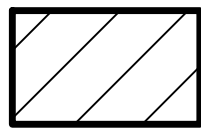
IRAM 1536, 1978. *Hormigón fresco de cemento. Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono.*, s.l.: s.n.

- IRAM 1546, 2013. *Hormigón de cemento. Método de ensayo de compresión.*, s.l.: s.n.
- IRAM 1585, 2008. *Elementos estructurales de hormigón. Sistema constructivo de la toma de tierra en elementos de hormigón armado o pretensado para soporte de instalaciones aéreas.*, s.l.: s.n.
- IRAM 1605, 2009. *Postes de hormigón pretensado, de sección anular y forma troncocónica, para soporte de instalaciones aéreas.*, s.l.: s.n.
- IRAM 1649, 2008. *Examen petrográfico de agregados para hormigón.*, s.l.: s.n.
- IRAM 1667, 2016. *Escoria granulada de alto horno. Requisitos y condiciones de recepción.*, s.l.: s.n.
- IRAM 1681, 2006. *Índice de cubicidad*, s.l.: s.n.
- IRAM 2315, 2018. *Materiales para puesta a tierra. Soldadura cuproaluminotérmica.*, s.l.: s.n.
- IRAM 50000, 2017. *Cementos para uso general*, s.l.: s.n.
- KACZAN, L. & GUTIERREZ, T. C., 2009. *Evaluación de impacto ambiental*, Santa Fe: UTN Facultad Regional Santa Fe.
- LEY NRO 11.171, 2009. *Medio ambiente y desarrollo sustentable*, Santa Fe: Legislatura de la provincia.
- MN 168, 1994. *Vínculo H° A° Conductor de guardia*, Santa Fe: EPE.
- MN 169_171, 1998. *Vínculo de H°A°*, Santa FE: EPE.
- MN 466_467f, 2017. *Poste H°A° de media tensión*, Santa Fe: EPE.
- MN 770_776, 1998. *Vínculo de H°A°*, Santa Fe: EPE.
- OBRA E-188, 1996. *Estación transformadora 132/33/13,2 kV Santo Tomé. Pliego. Memoria de obra civil*, Santa Fe: EPE.
- OBRA E-222, 1998. *Parte I: Estación transformadora 132/33/13,2 kV. Rafaela sur*, Santa Fe: EPE.
- ORDENANZA 4170, 2008. *Código urbano Municipal*, Rafaela: Concejo Municipal de Rafaela.
- ORDENANZA 4508, 2012. *Plano de clasificación del suelo. Código urbano Rafaela*, Rafaela: Concejo municipal de rafaela.
- ORDENANZA 4508, 2012. *Plano de tejidos urbanos. Código urbano Rafaela*, Rafaela: Concejo municipal de Rafaela.
- RIFALDI, A., 1993. *Elementos para el diseño de estaciones Transformadoras*. La Plata: Universidad Tecnológica Nacional.
- SANGOI, E. & CEA, M., 2014. *Selección del emplazamiento para instalación de generación distribuida en un corredor radial de 132 kV. Evaluación según estudios eléctricos en régimen estacionario.* s.l.:s.n.
- TADEO CZERWENY S.A., 2018. *Transformador Tadeo Czerweny 114630 30/30/30*, Gálvez: Tadeo Czerweny S.A..
- TERZAGHI, K. & PECK, R. B., 1973. *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. Segunda ed. Buenos Aires: El ateneo S.A..

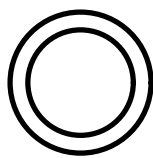
ANEXO I



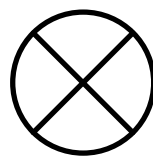
SET existente



Área de estudio



Ubicación propuesta para SET norte



Ubicación alternativa para SET norte



Línea 132 kV

RAFAELA AT

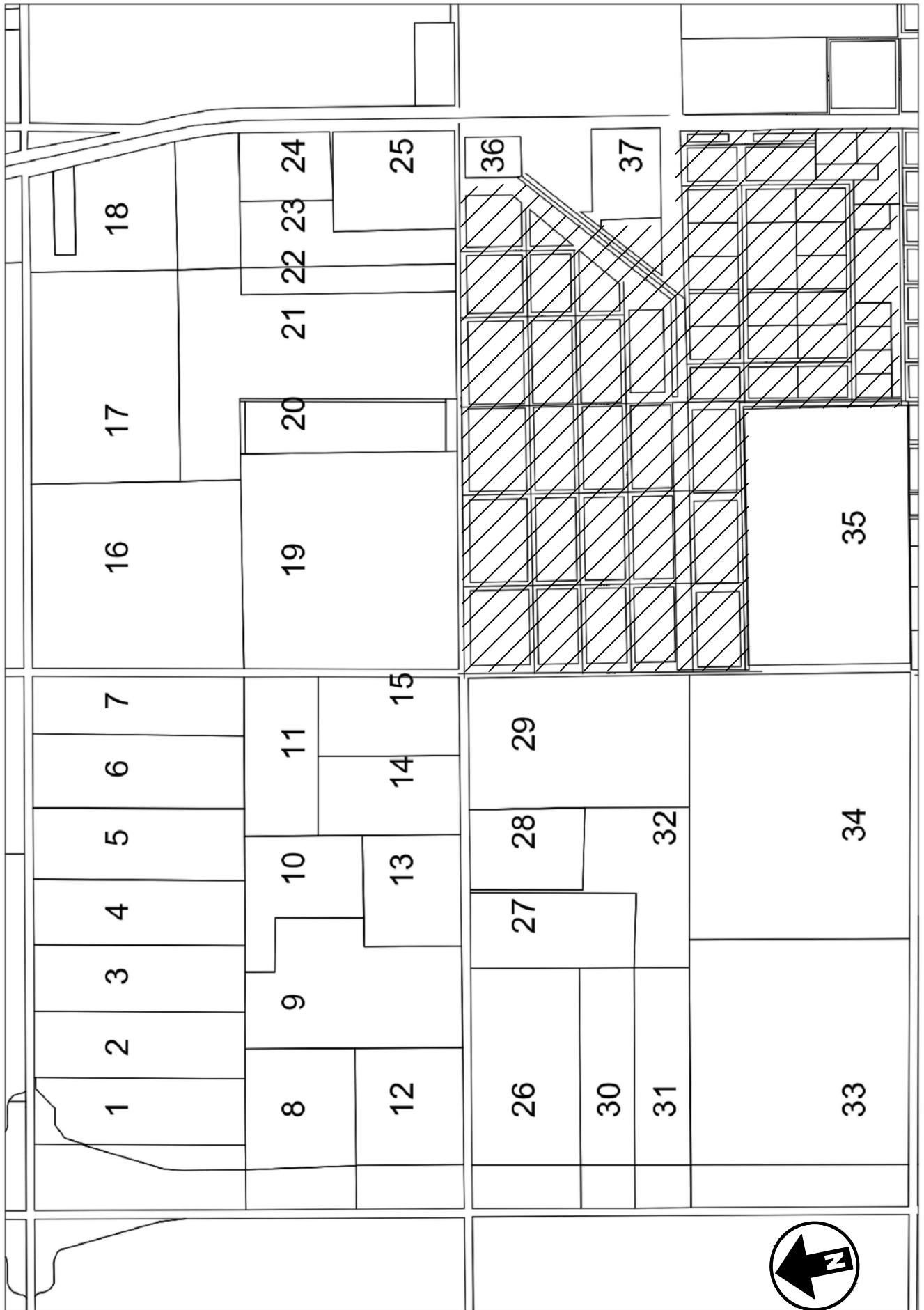
A01

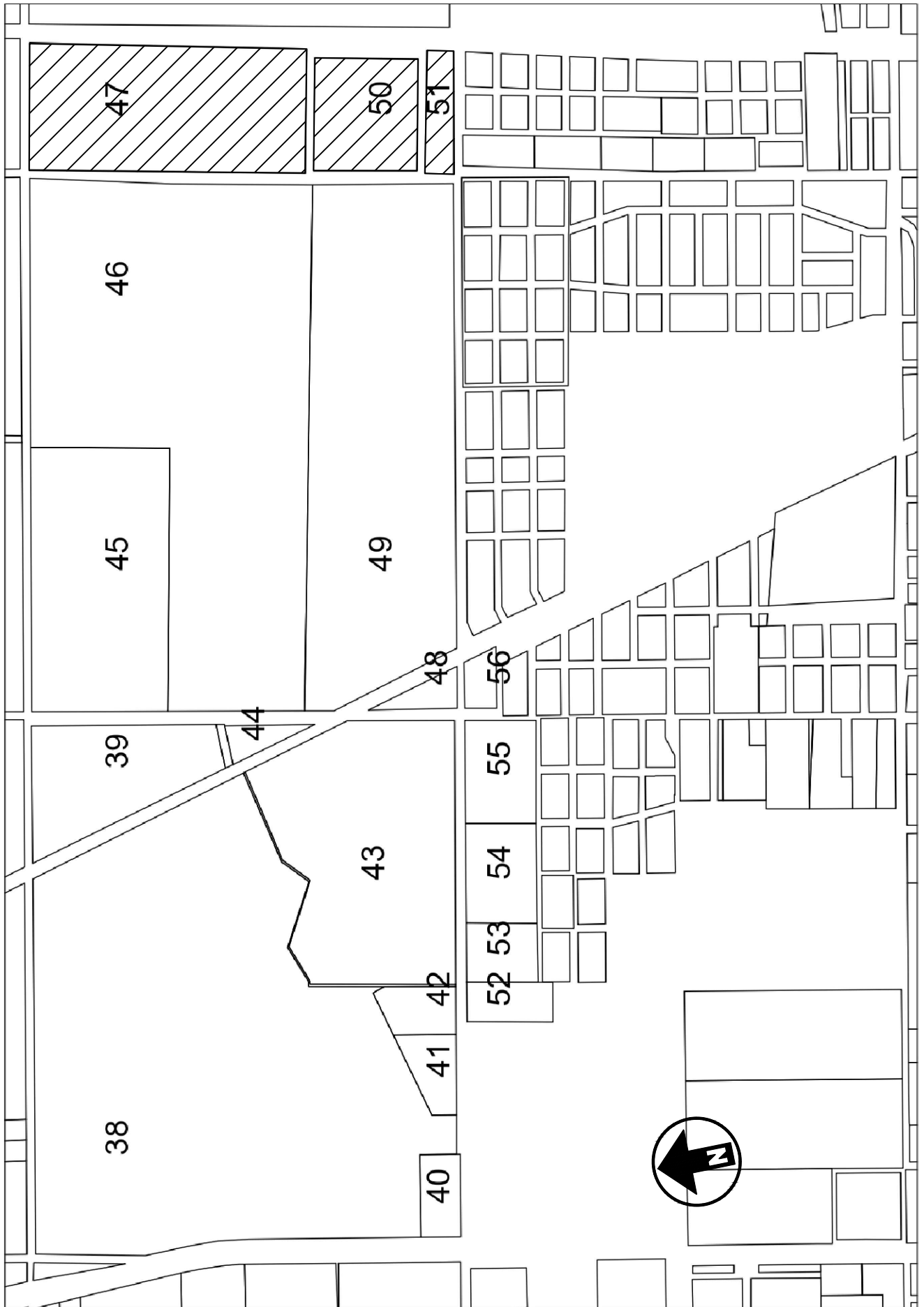
Proyecto final de la carrera Ingeniería civil

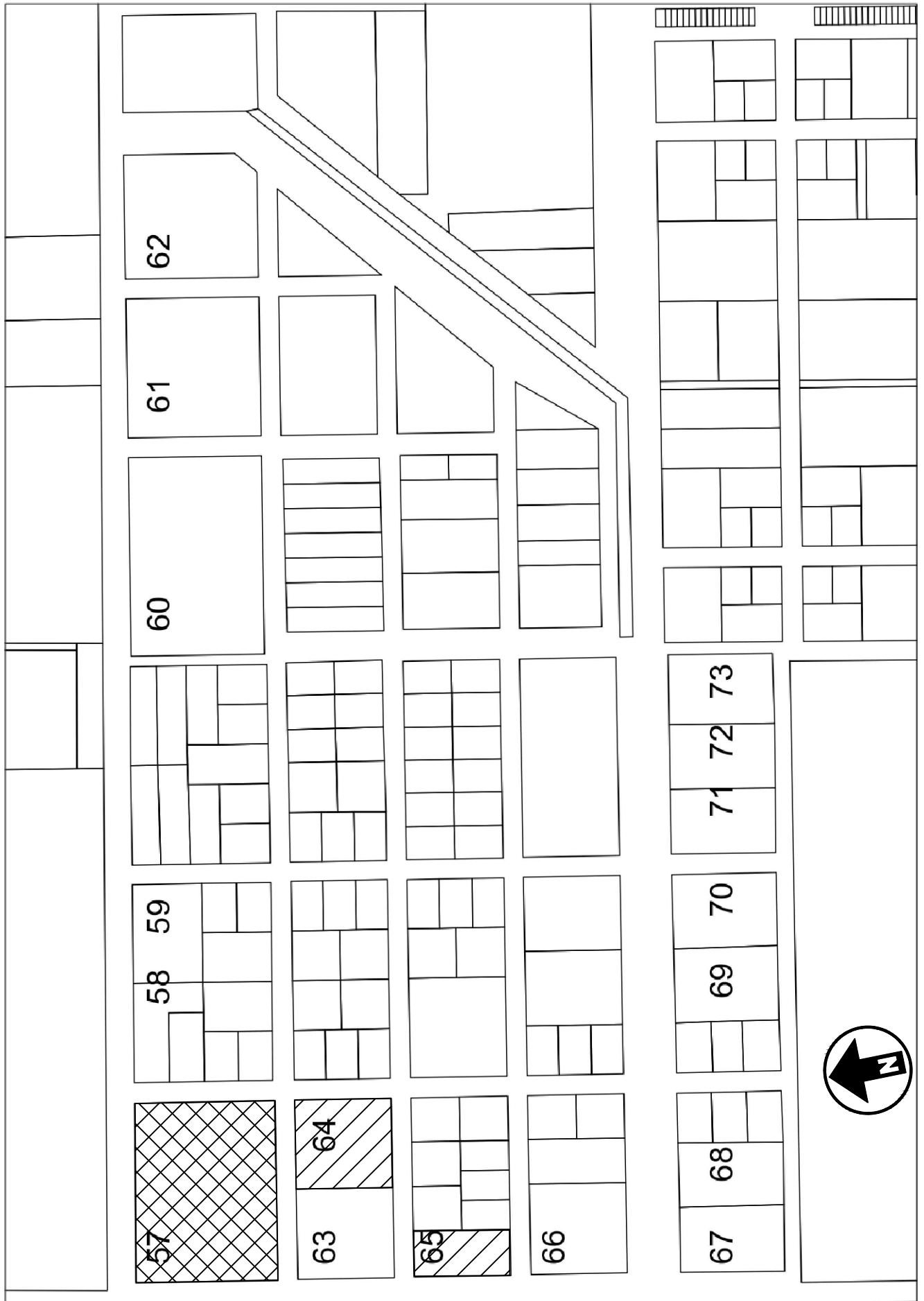
Mayo 2020

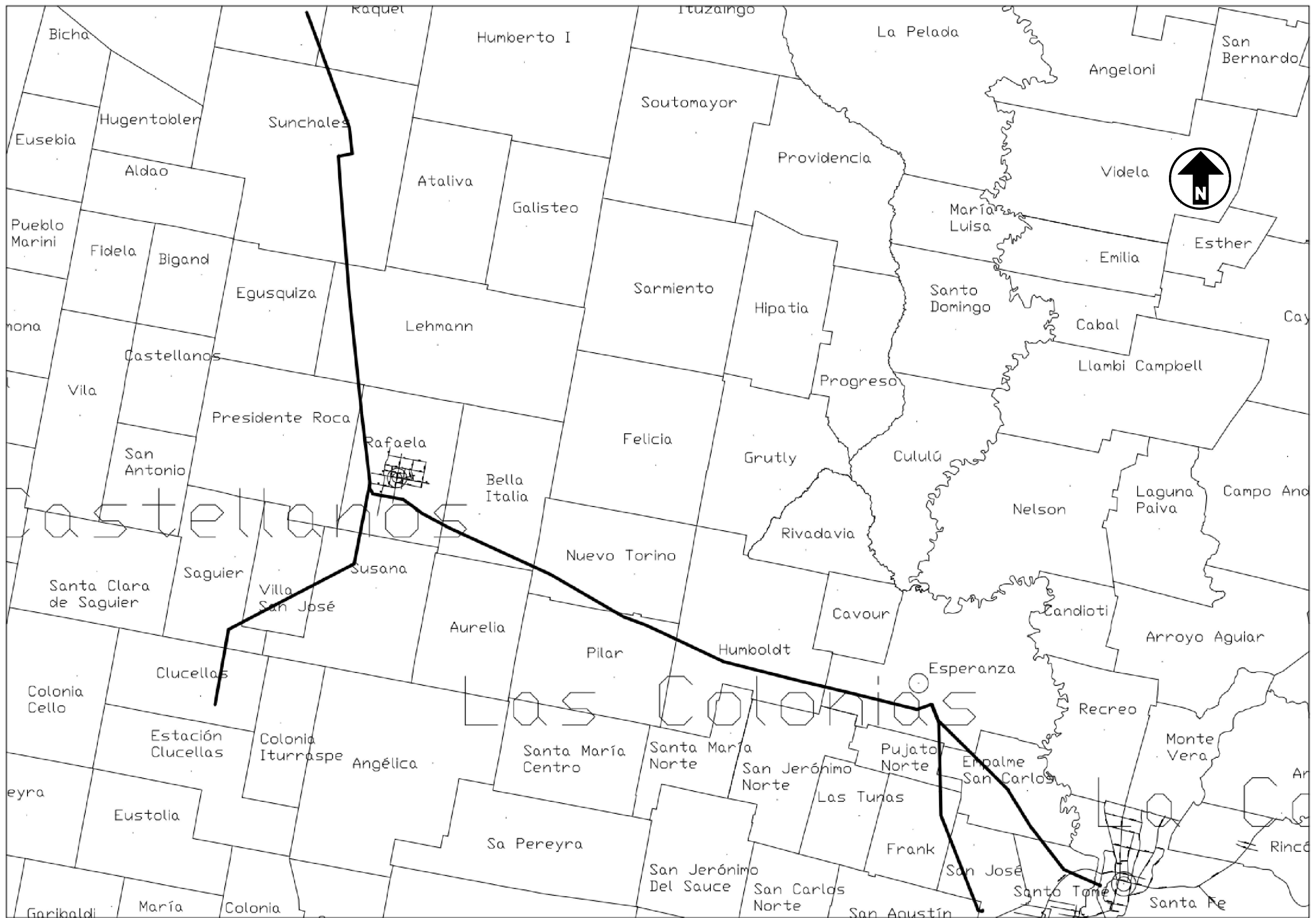
YACOB, GUILLERMO







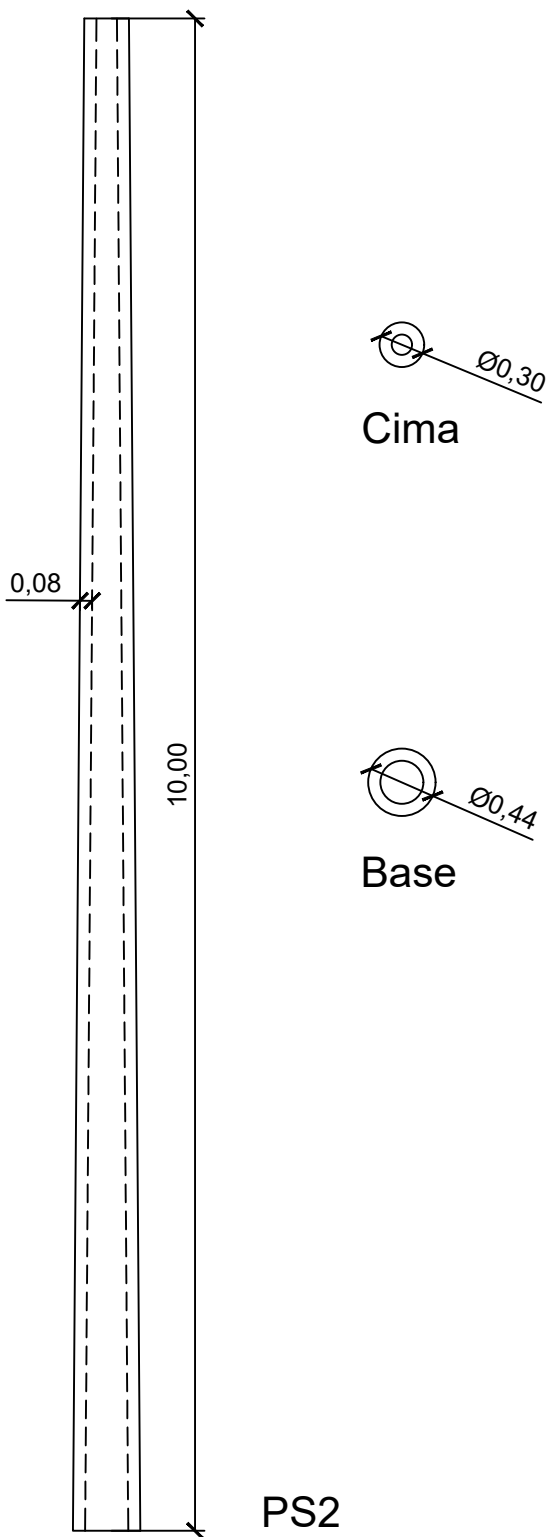




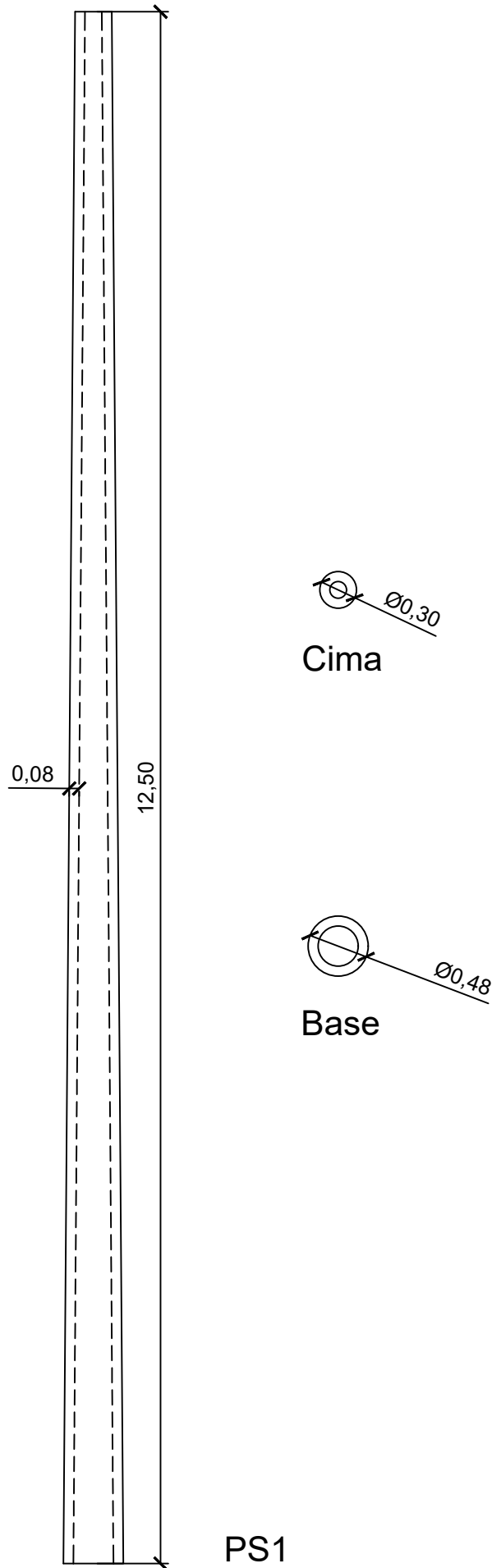
COMPONENTE DEL MEDIO FACTIBLE DE SER IMPACTADO

	COMPONENTE DEL MEDIO FACTIBLE DE SER IMPACTADO												
	MEDIO FÍSICO						MEDIO SOCIO-ECONÓMICO						
	MEDIO INERTE		AGUA		MEDIO BIÓTICO		MEDIO PERCEPTUAL	MEDIO SOCIO-CULTURAL			MEDIO ECONÓMICO		
AIRE	SUELO	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRÁNEA	FLORA	FAUNA	PAISAJE	USOS DEL TERRITORIO	CULTURAL	INFRA-ESTRUCTURA	HUMANOS, HIGIENE Y SEGURIDAD	ECONOMÍA	POBLACIÓN	
PREPARACIÓN DE SITIO													
Expropiación del terreno	.....	.....	.....	.....	-1CSMIFN	-1CSMIFN	.....	+3CSLHFN	.....	+3CSMKAN	+1CTEBFY	-1CTEBFN	.....
Limpieza del terreno	-1CTEBFY	-1CTEBFN	-1PTEBFY	.....	-1CSLIFN	-1CSLIFN	+1CSEKFN	.....	.....	.....	+1CTEKFN	.....	.....
Instalación de obrador	.....	.....	.....	.....	.....	.....	-1CTEDFN	-1CTEBFN	.....	+2CTEBFN	+2CVEBAN	.....	.....
Colocación de un alambrado perimetral	.....	.....	.....	.....	.....	-1PTEIFN	-1CSEKFN	.....	.....	+1PSEKFN	+1CSEKFN	.....	.....
Replanteo	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+1CTEKFN	.....	+2CSMKFN	.....	.....	.....
Deforestación y parquización	.....	.....	-1CSEHFN	.....	-1CSEIFN	.....	+1CSMKFN	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Provisión de agua potable	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+3CTEKFN	+3CTEKFN	-1PTMBAN	.....	.....
Conexión a la red eléctrica	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+3CTMKFN	+1CTEKFN	+1CTEKAN	.....	.....
Empleo de las estructuras preexistentes	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+3CSEKFN	+1CTEKFN	-1PTMKAN	.....	.....
ETAPA DE CONSTRUCCION													
Medidas de seguridad e higiene en obra	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+2PVLKFN	+1CTLKFN	+3CSEKFN	.....	.....
Señalización en el predio	.....	.....	.....	.....	.....	.....	-1CTEBFN	.....	.....	.....	+2CSEKFN	.....	.....
Limpieza y orden dentro del predio	+1CTEBFN	+1CTEBFN	+1PTEBFN	.....	+1PSEKFN	.....	.....	+1CTEKFN	.....	+1CVEKFN	+2CVLKFN	.....	.....
Gestión de residuos sólidos	+1CVEKFN	+1CSEKFN	+1PTEKFN	.....	.....	.....	+1CVEKFN	.....	.....	.....	+2CVLKFN	.....	.....
Gestión de efluentes líquidos	+1CTEKFN	+1PTEKFN	+1CTEKFN	+3CTLKAN	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+3CSEKFN	.....	.....
Funcionamiento de oficinas, vestuarios, baños y obrador	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+1CTEBFN	.....	+2CVEKFN	+3CVEKFN	+1CVMKFN	.....
Mantenimiento de equipos y maquinarias	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+2PVEKFN	+3CVEKFN	+1CVLKFN	.....
Control de acopio y utilización de materiales e insumos	+2PVEKFN	+1PTEKFN	+1PTEKFN	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+2CVEKFN	+1CVEKFN	+1PVMKFN	.....
Control de derrame de hidrocarburos	.....	+1PVEKFN	+1PVEKFN	+3PVLKAN	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+2PVLKFN	.....	.....
Estudio geotécnico	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+3CSMKFN	.....	.....	.....
Movimientos de suelos	-2CTEBFY	-2CTEBFN	.....	.....	.....	.....	-1CTEBFN	.....	.....	+2CTLBFN	-1PVEKFN	.....	.....
Excavaciones	-1CTEBFN	-1CTEBFN	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+2CSLKFN	-3PVEBFN	.....	.....
Sellado de huecos	-1CTEBFN	+1CTMKFN	+1PSLKFN	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+1CSLKFN	+3CSEKFN	.....	.....
Ejecución de subrasante y sub-base de caminos	-2CTEDFN	-1CSEIFN	-1PSLIFY	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+3CSLKFN	-1PTEKFN	.....	.....
Ejecución de calzada de pavimentos de hormigón	-2CTEDFN	-1CSEIFN	-1PSLIFY	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+3CSLKFN	-1PTEKFN	.....	.....
Control de vehículos, equipos y maquinaria pesada	+3PTMKFN	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+1PVMKFN	+3PVMKFN	+1PVLKFN	.....
Armado de armaduras	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+3CSMKFN	-1PTEKFN	.....	.....
Hormigonado in situ	.....	-1CTEBFN	.....	.....	.....	.....	-1CSEIFN	.....	.....	+2CSEIFN	-1PTEBFN	.....	.....
Ensayos in situ	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+1PVLKFN	+1PVLKFN	+2CVLKFN	.....
Transporte y montaje de estructuras prefabricadas	-1CVEBAN	-1CTEIFN	.....	.....	.....	-1CSEIFN	-1CSEHAN	.....	.....	+2CSEKFN	-1PVEKFN	+1PTLKFN	.....
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO													
Restauración de las áreas utilizadas en la obra	.....	+1CTLKFN	.....	.....	+1CSLKFN	.....	+1CSLKFN	.....	.....	.....	+1CTEKFN	-1CTEKFN	.....
Revegetación	+1CTLKFN	+1CTLKFN	+1CTLKFN	.....	+1CTLKFN	+1CTLKFN	+2CSLKAN	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Impedir el acceso de personas no autorizadas al predio	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+2PTLKAN	+1PTLKAN	.....	+2PVLKAN	.....	+2PTLKAN
Controlar el mantenimiento operativo	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	+2PTLKAN	+1CVLKFN	+2PTLKAN	.....
Limitar el acceso de fauna oportunista al predio	.....	.....	.....	.....	.....	+3CTLKFN	.....	.....	.....	.....	+2CSLKAN	.....	.....

ANEXO II



PS2



PS1

PS n Esc.: 1:50
Unidades expresadas en metros

POSTES SIMPLES

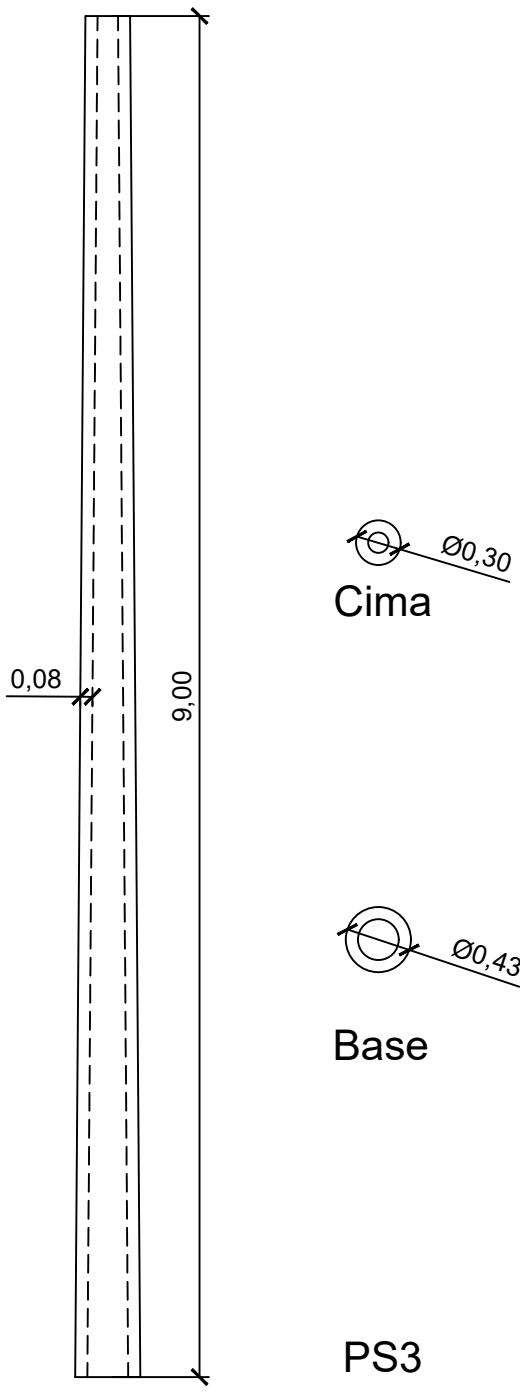
P01

Proyecto final de la carrera Ingeniería civil

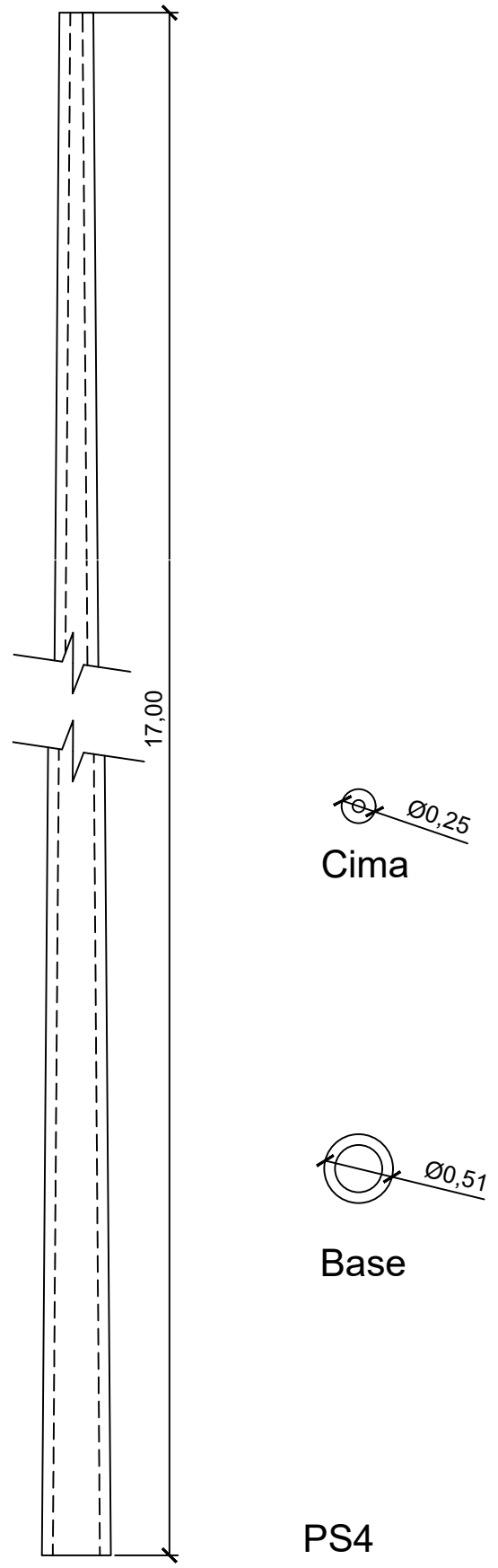
Mayo 2020

YACOB, GUILLERMO

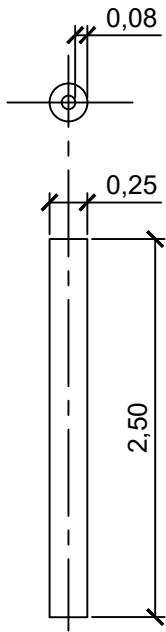




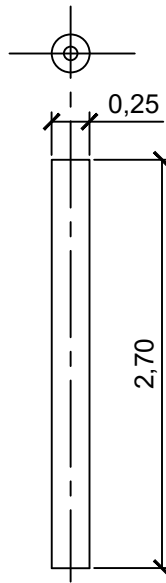
PS n Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros



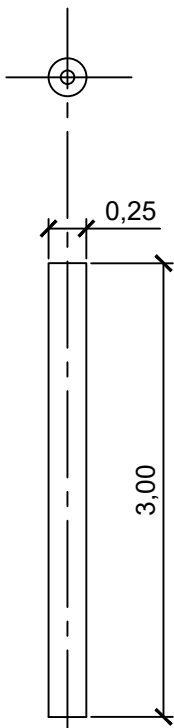
PS4



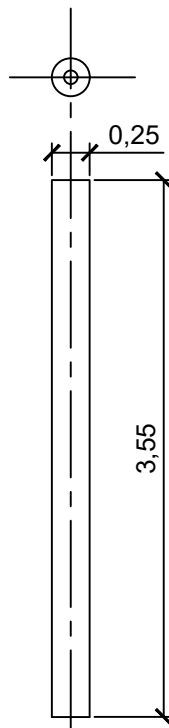
PA1



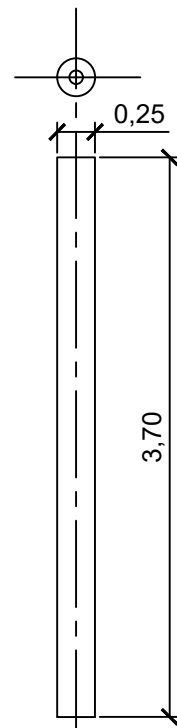
PA2



PA3

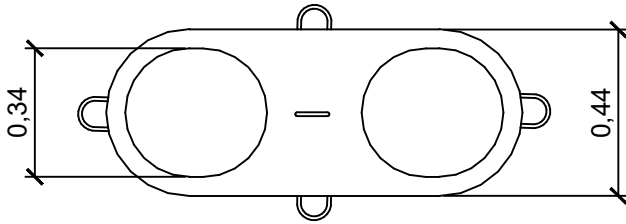


PA4

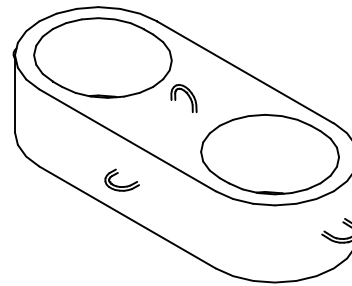


PA5

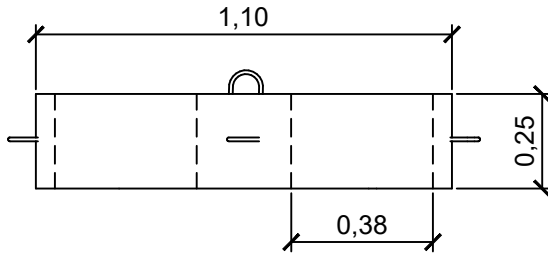
PA n Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

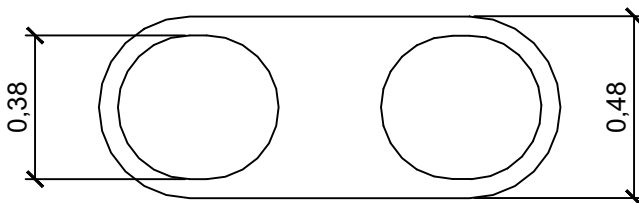


PERSPECTIVA

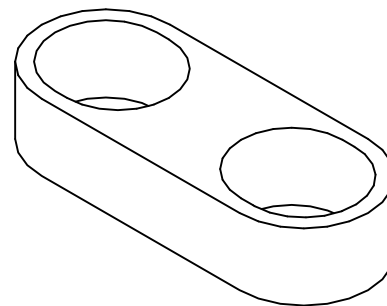


VISTA LATERAL

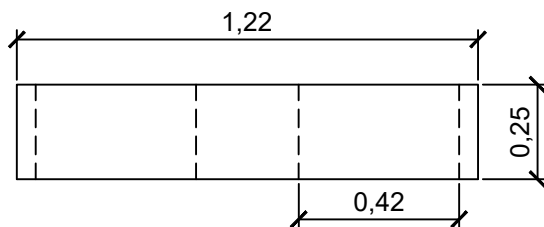
V0 Esc.: 1:20
 Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

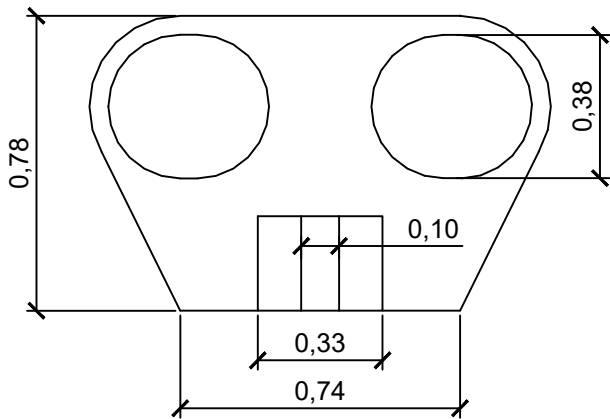


PERSPECTIVA

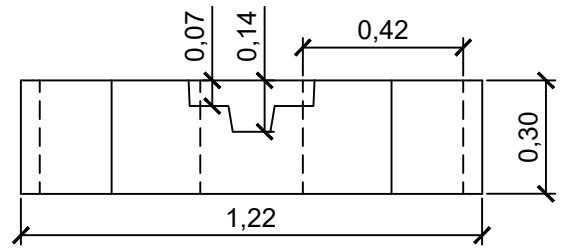


VISTA LATERAL

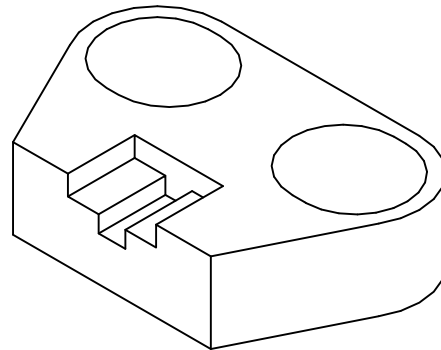
V1 Esc.: 1:20
 Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

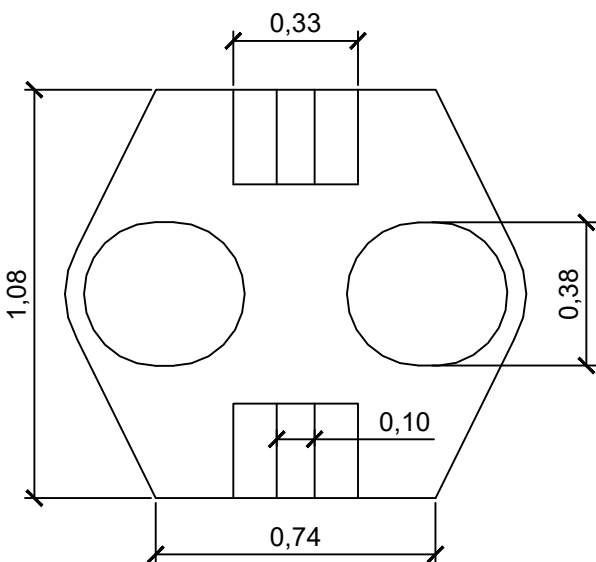


VISTA LATERAL

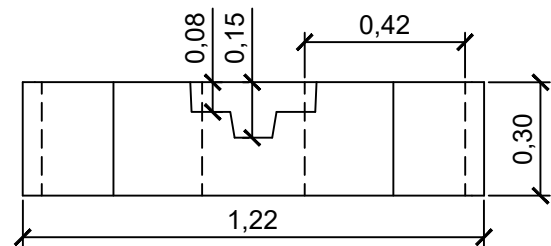


PERSPECTIVA

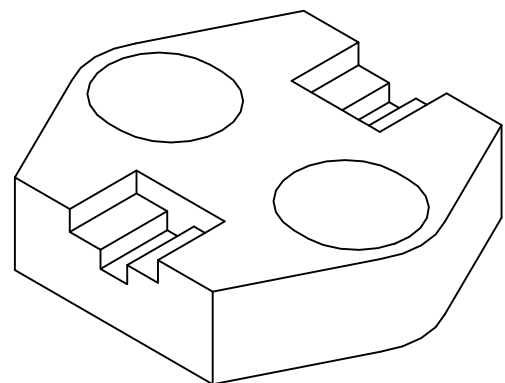
V1S Esc.: 1:20
Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

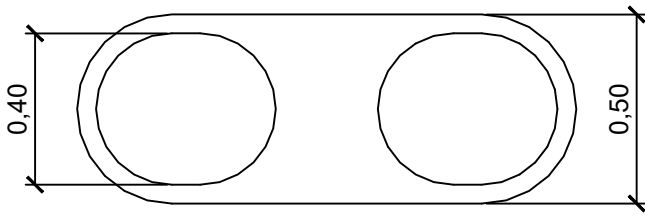


VISTA LATERAL

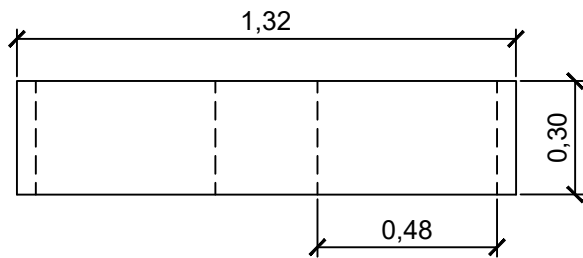


PERSPECTIVA

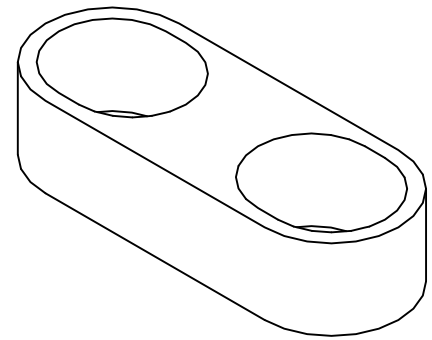
V1D Esc.: 1:20
Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

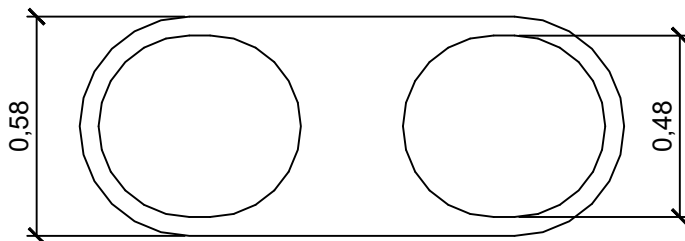


VISTA LATERAL

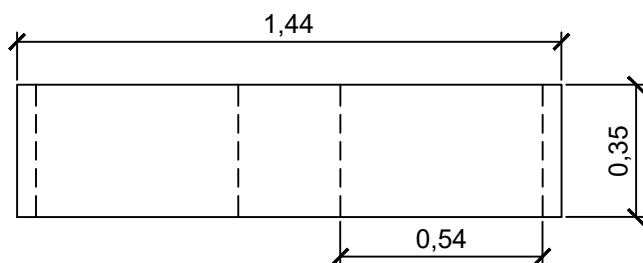


PERSPECTIVA

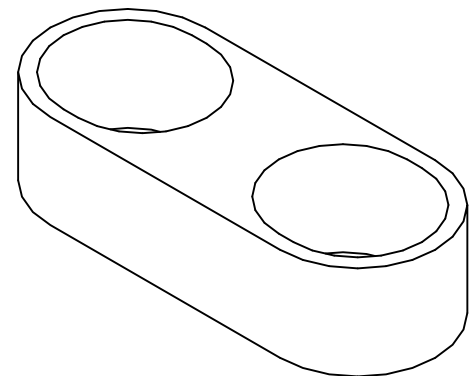
V2 Esc.: 1:20
 Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

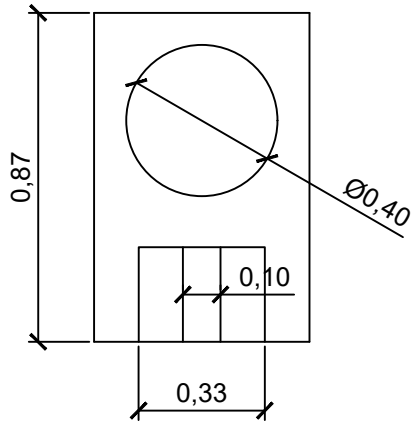


VISTA LATERAL

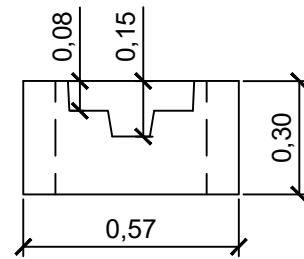


PERSPECTIVA

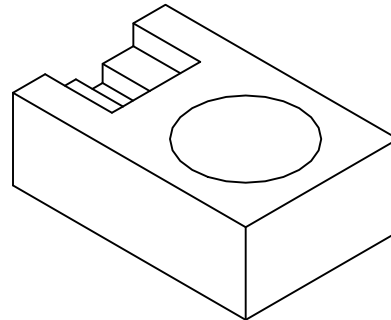
V3 Esc.: 1:20
 Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

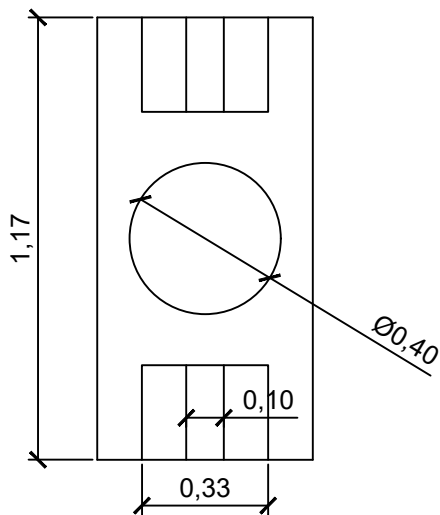


VISTA LATERAL

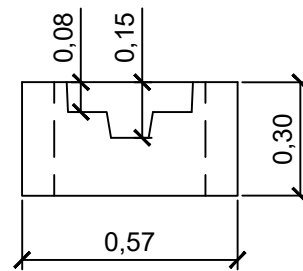


PERSPECTIVA

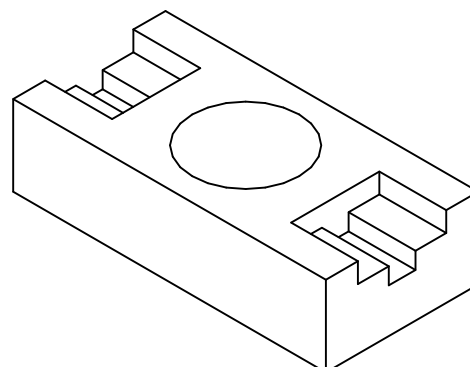
AP1 Esc.: 1:20
 Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

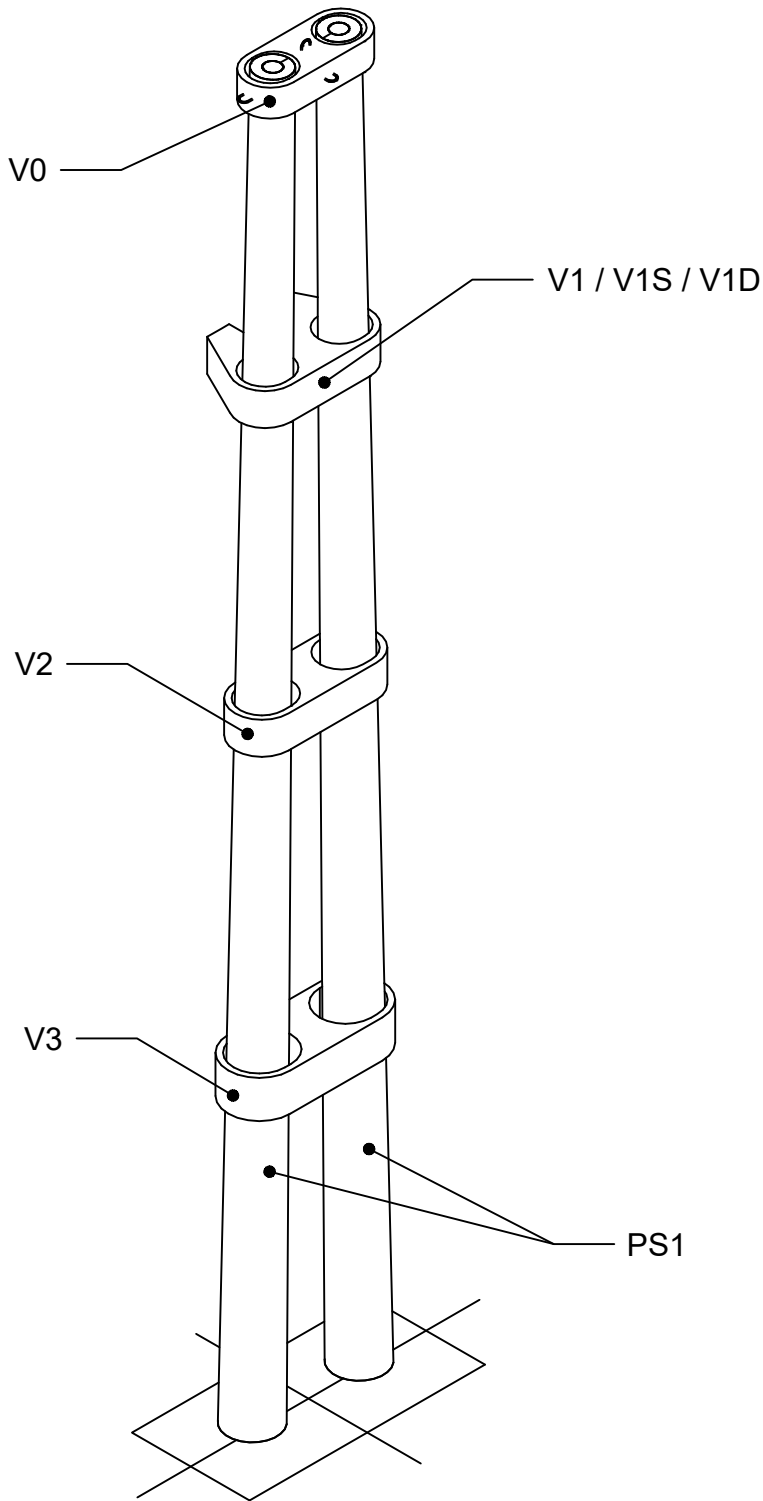


VISTA LATERAL



PERSPECTIVA

AP2 Esc.: 1:20
 Unidades expresadas en metros

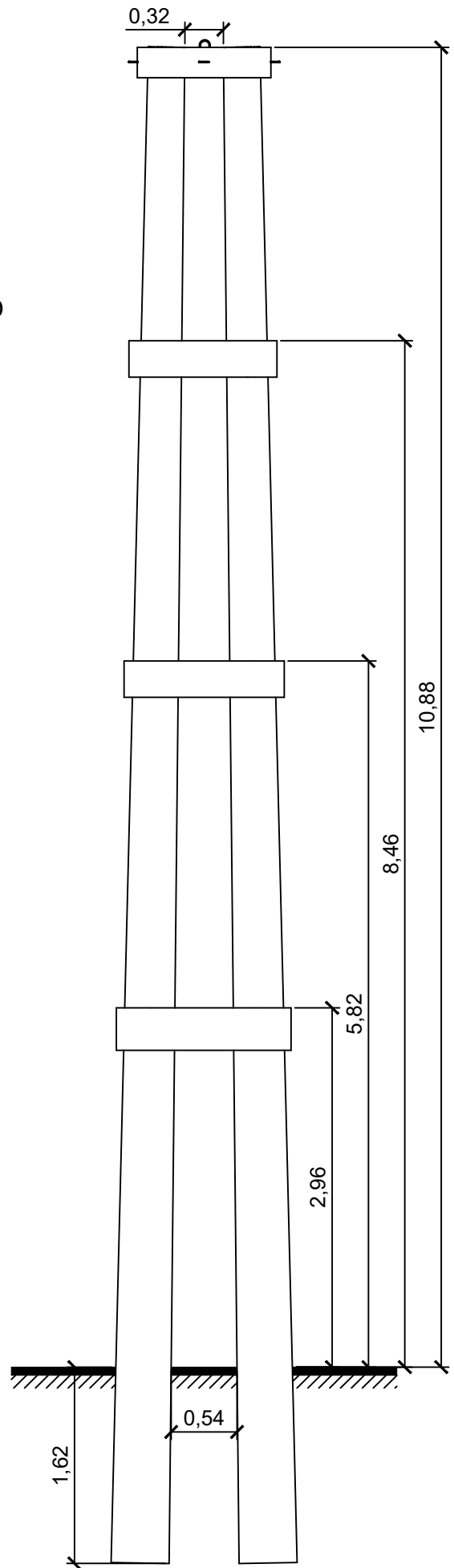


PERSPECTIVA

PD1

Esc.: 1:50

Unidades expresadas en metros



POSTES DOBLES

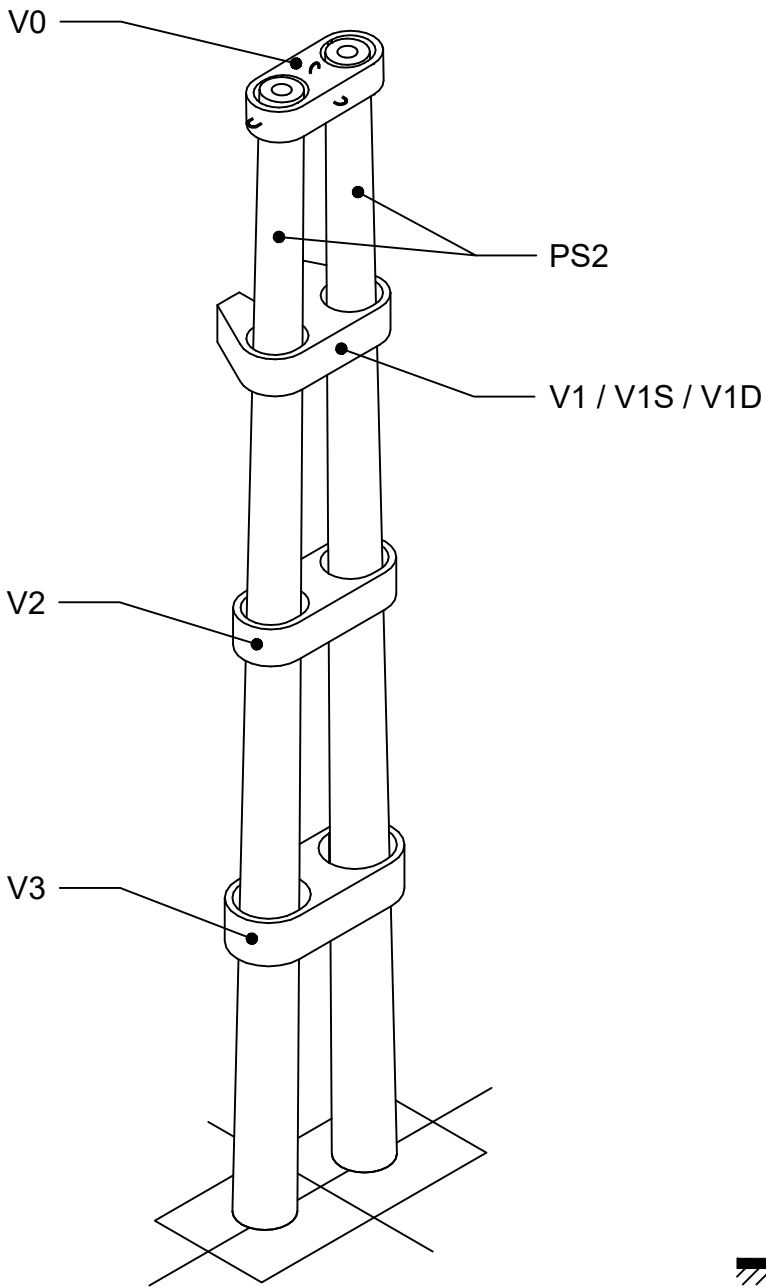
P08

Proyecto final de la carrera Ingeniería civil

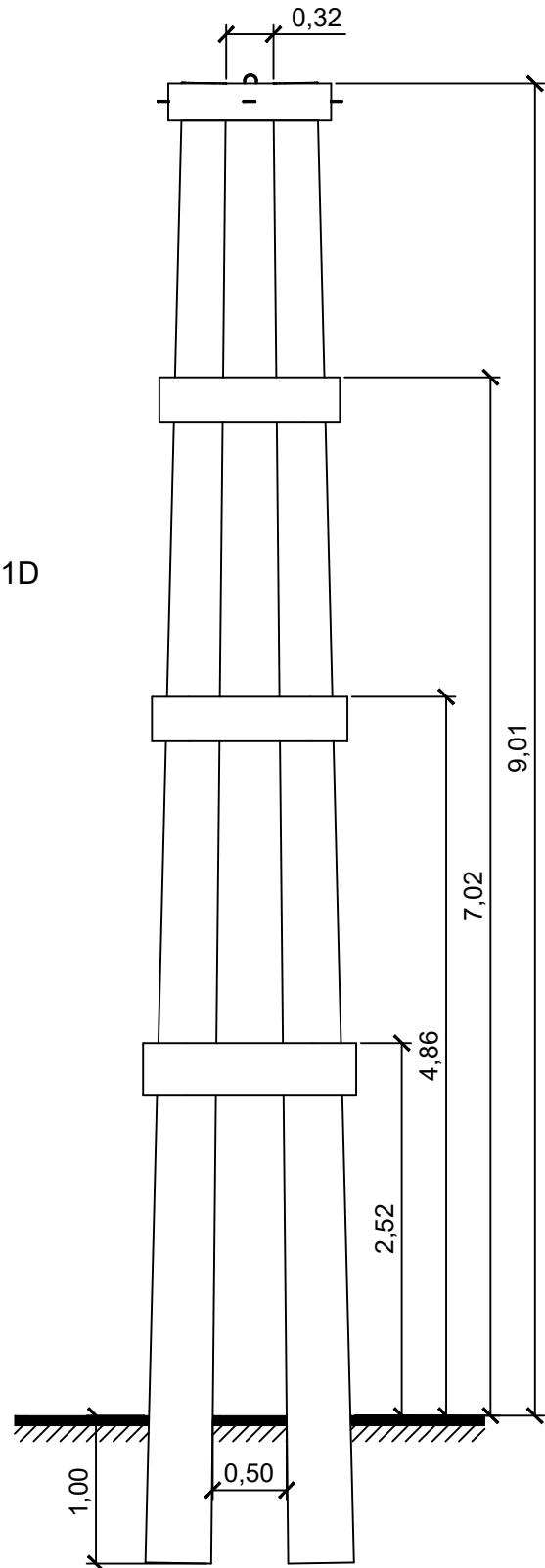
Mayo 2020

YACOB, GUILLERMO





PERSPECTIVA

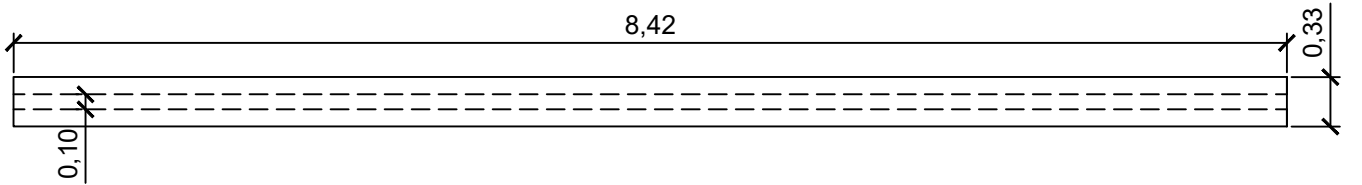


VISTA

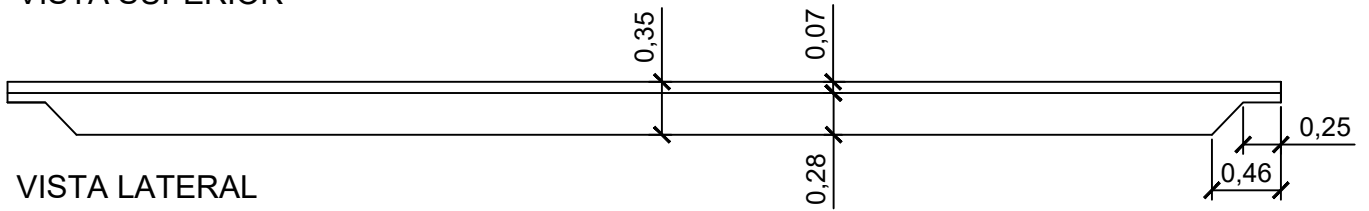
PD2

Esc.: 1:50

Unidades expresadas en metros

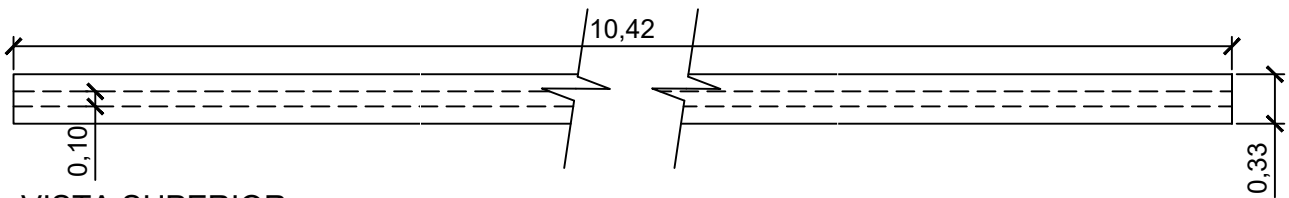


VISTA SUPERIOR

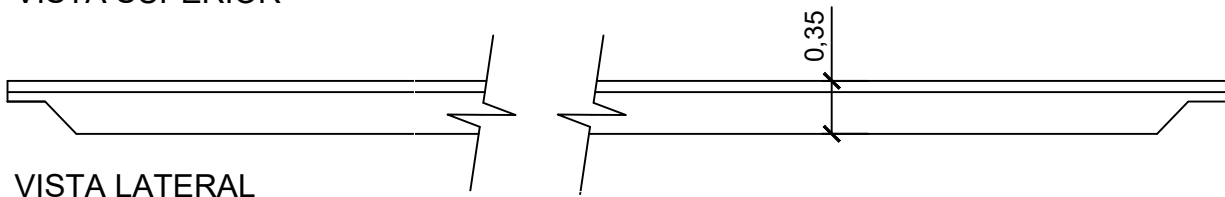


VISTA LATERAL

V9 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros

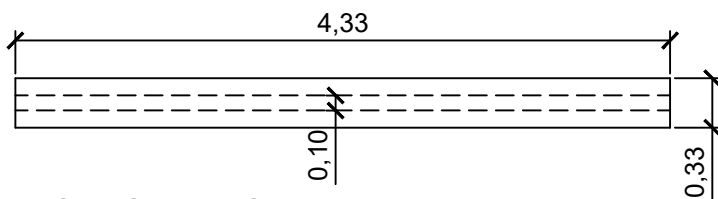


VISTA SUPERIOR

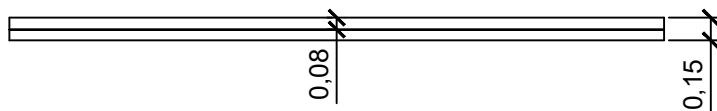


VISTA LATERAL

V11 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR



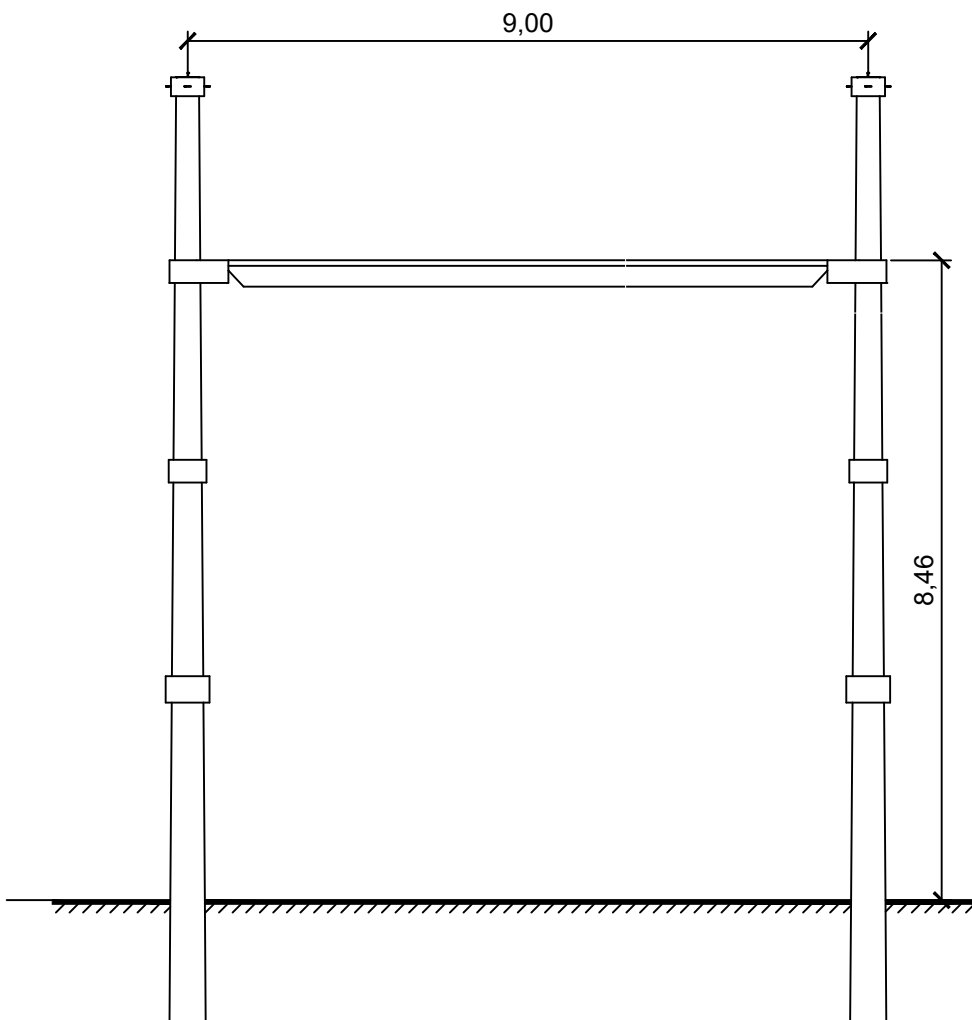
VISTA LATERAL

BA5 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros

PERSPECTIVA

PD1

V9



VISTA LATERAL

PO1 Esc.: 1:100
Unidades expresadas en metros

PÓRTICOS

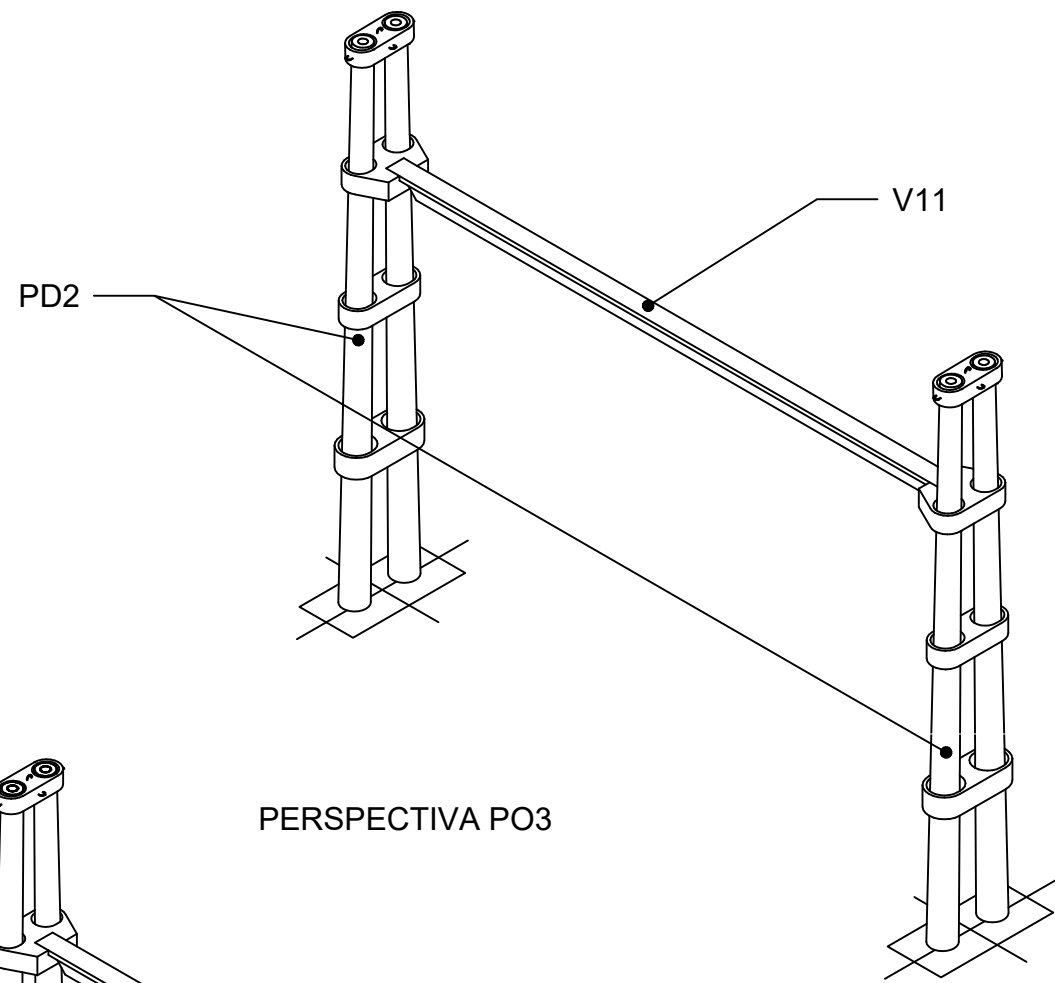
P11

Proyecto final de la carrera Ingeniería civil

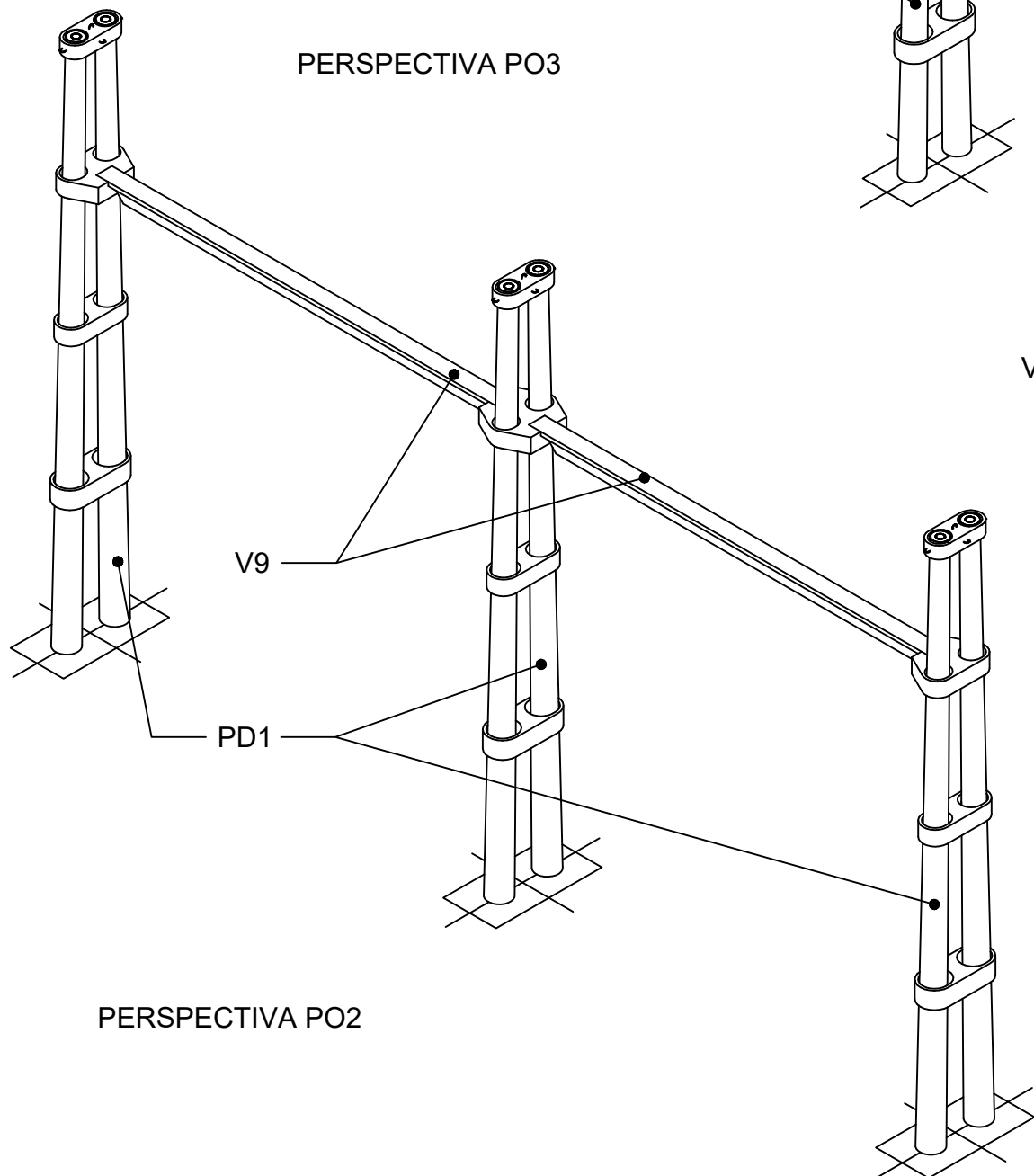
Mayo 2020

YACOB, GUILLERMO



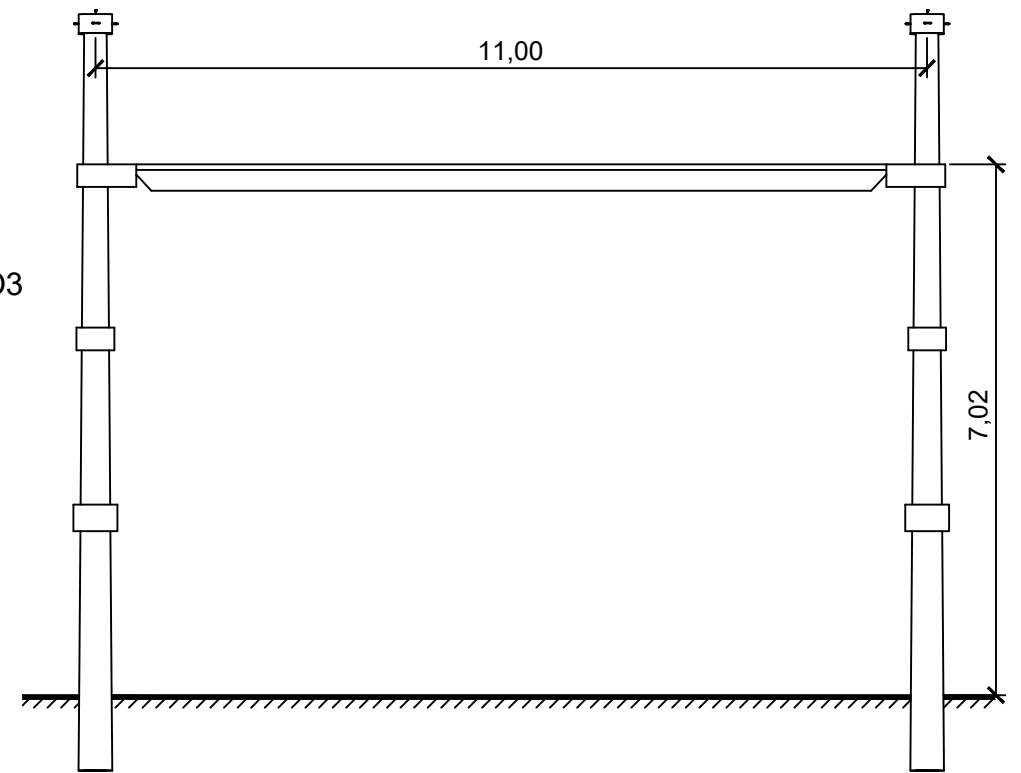


PERSPECTIVA PO3

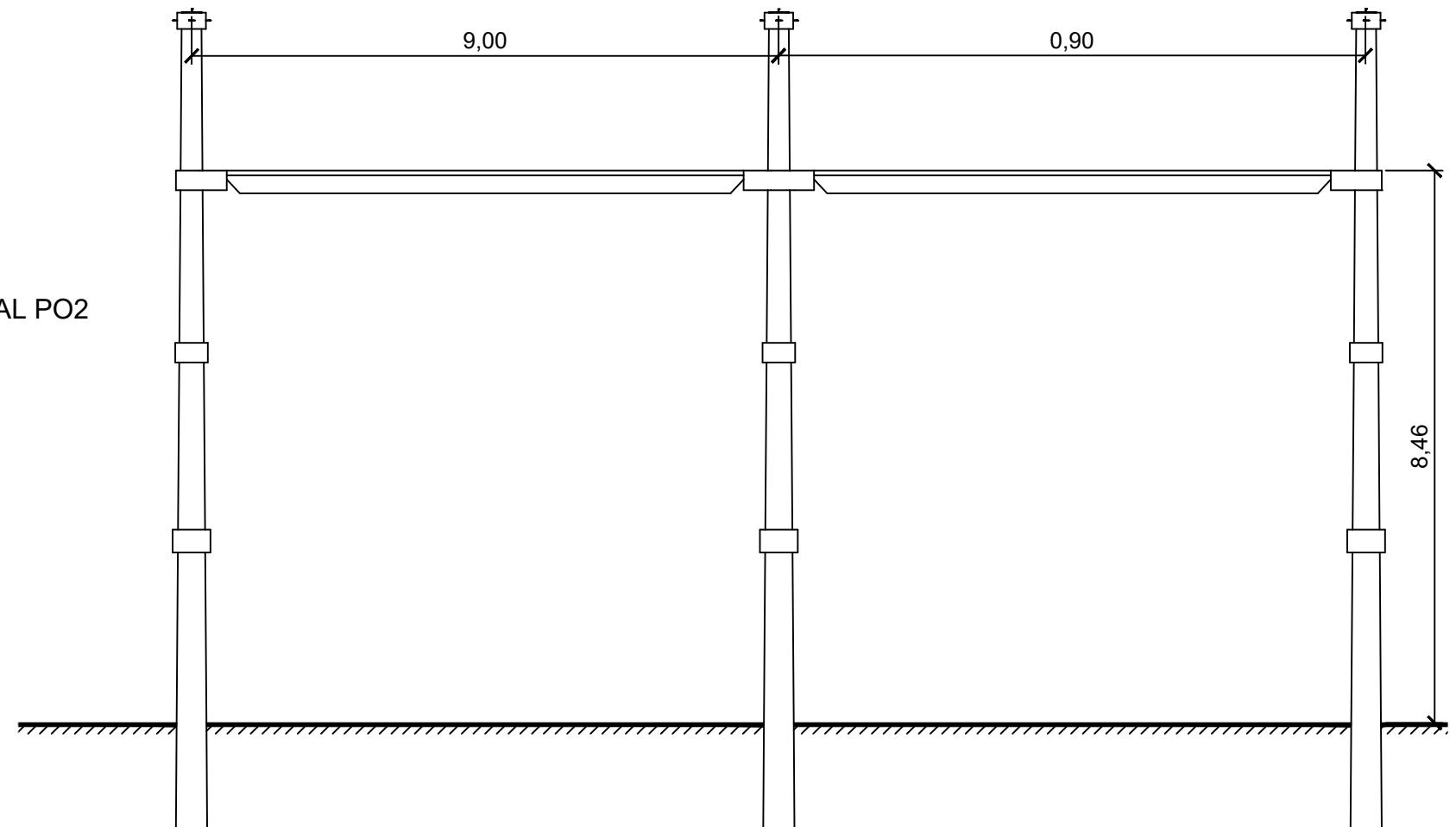


PERSPECTIVA PO2

VISTA LATERAL PO3



VISTA LATERAL PO2



PO2 y PO3 Esc.: 1:100
 Unidades expresadas en metros

PÓRTICOS

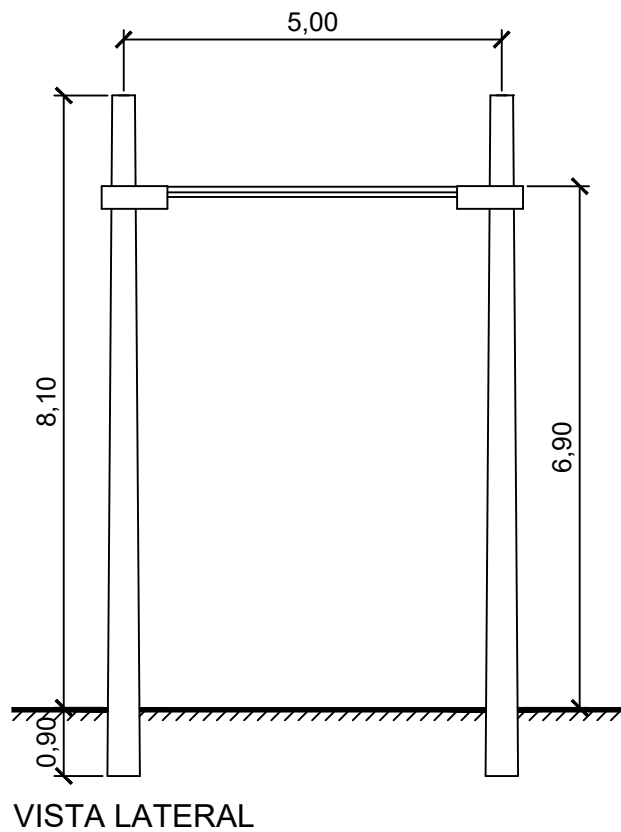
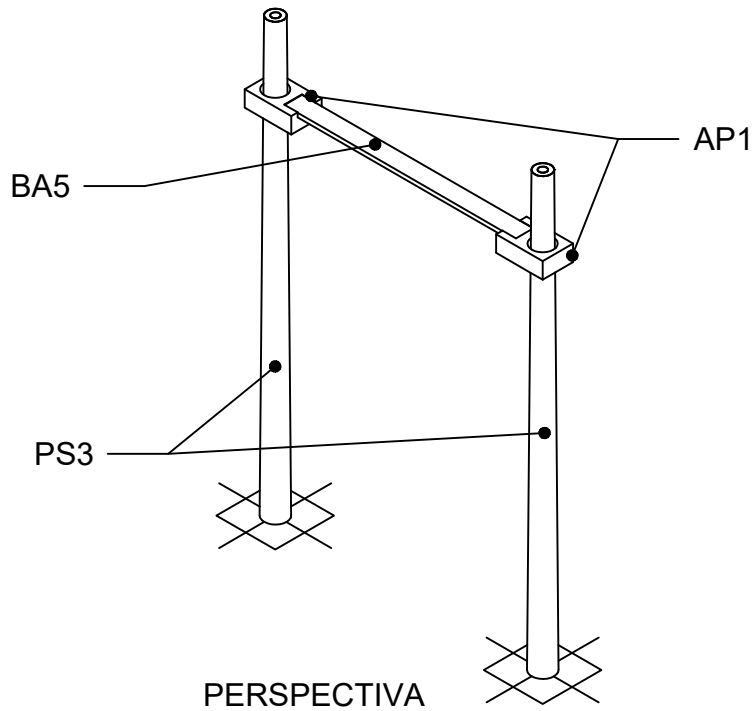
Proyecto final de la carrera Ingeniería civil

Mayo 2020

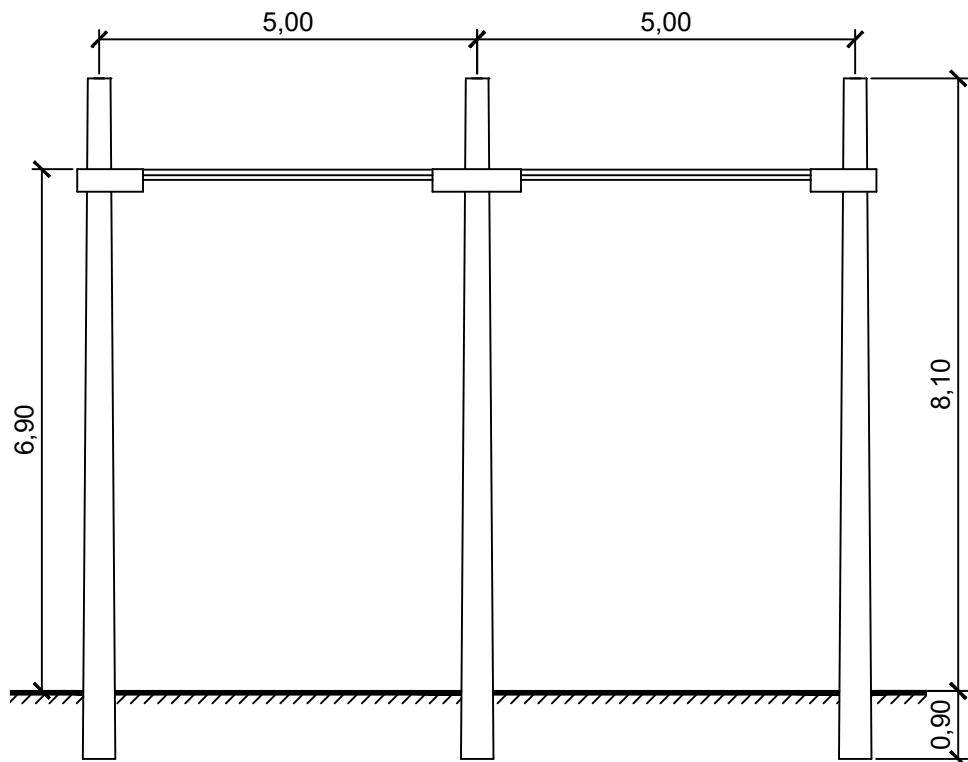
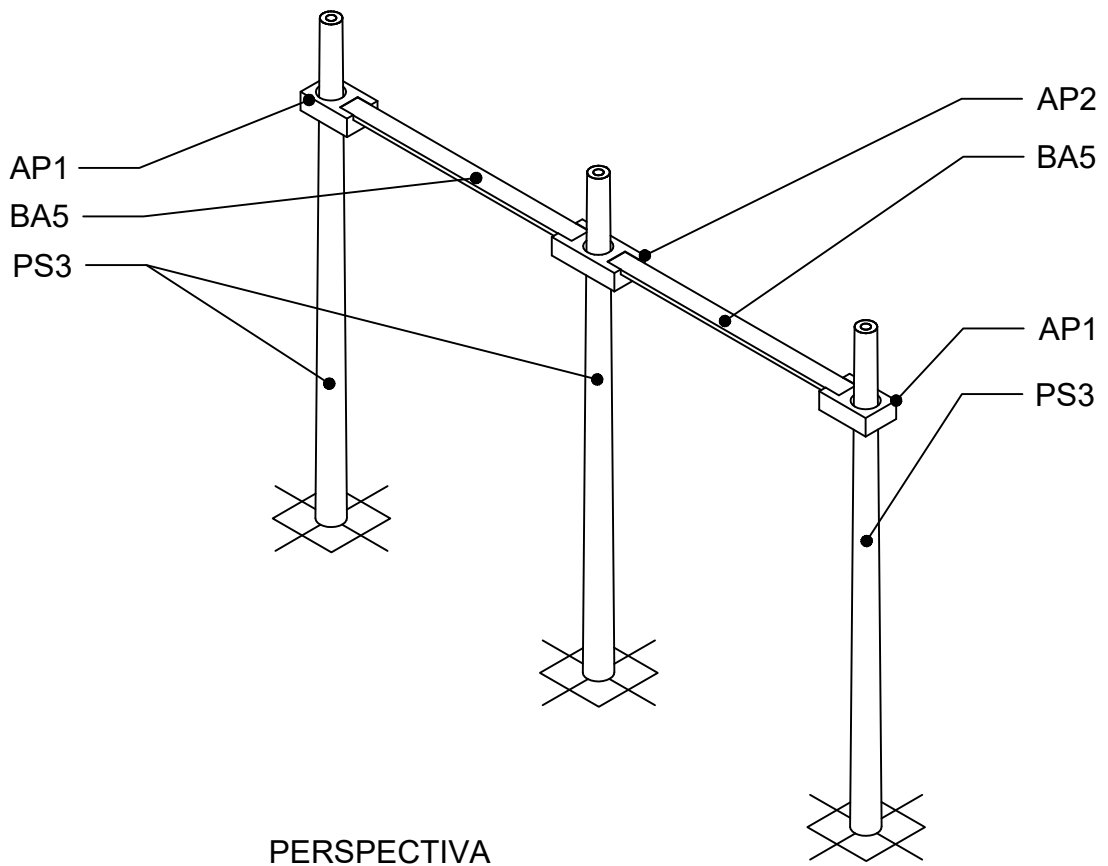
P12

YACOB, GUILLERMO

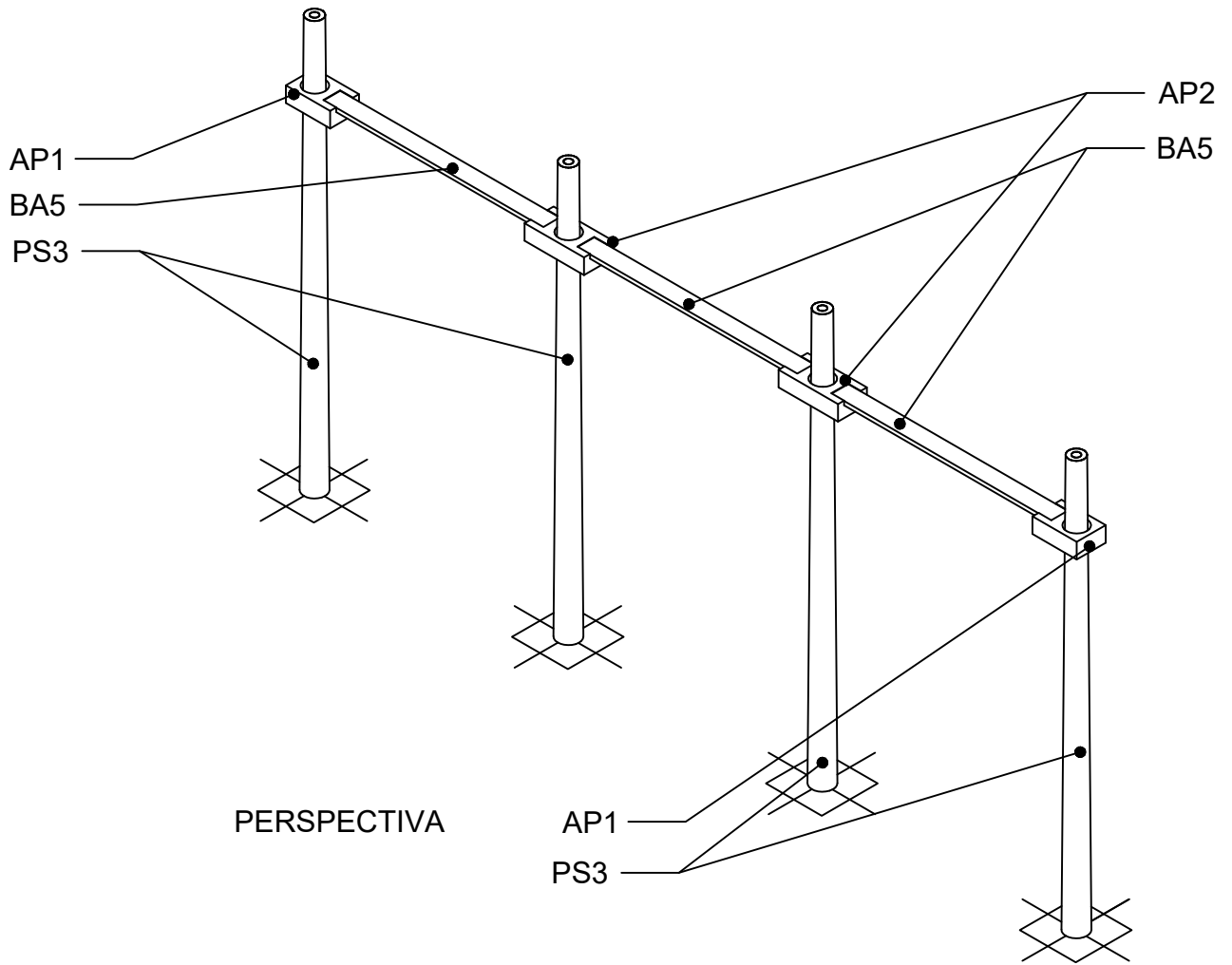




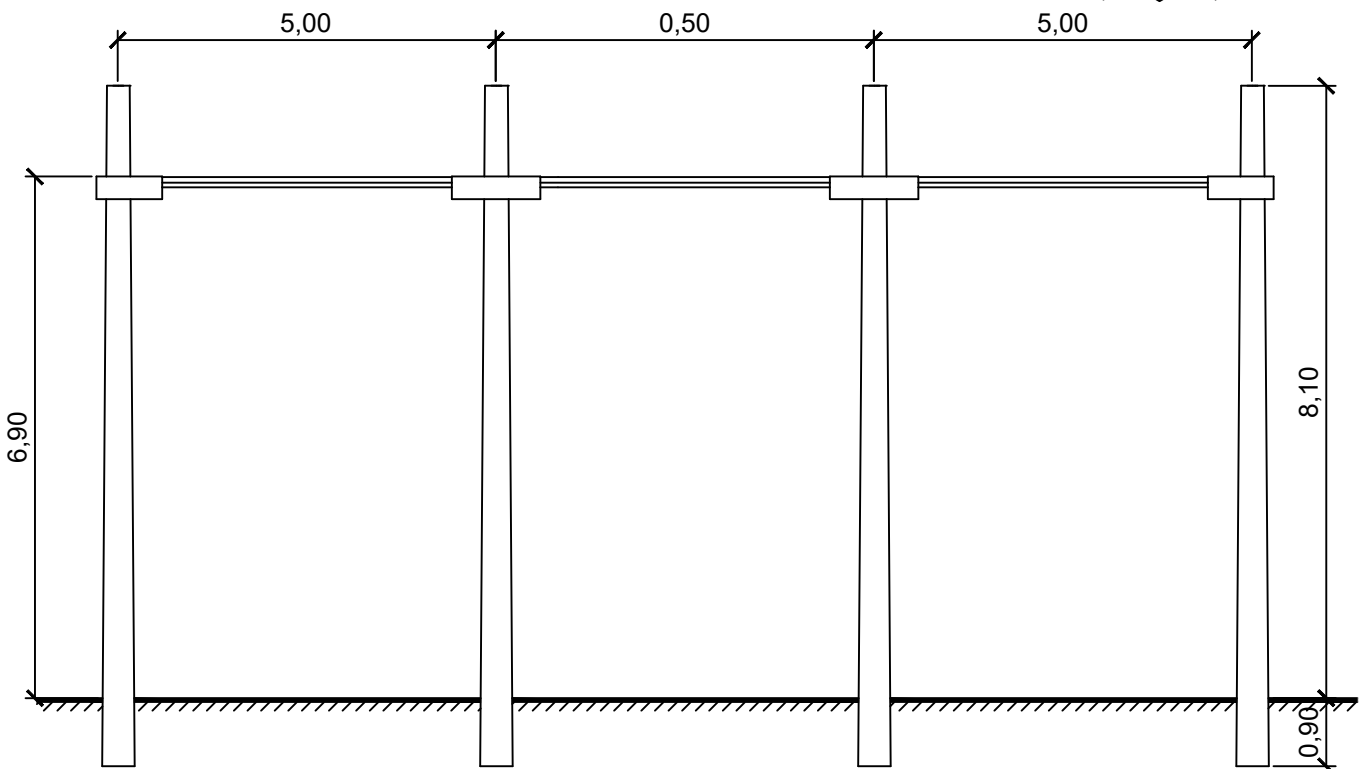
PO4 Esc.: 1:100
 Unidades expresadas en metros



PO5 Esc.: 1:100
 Unidades expresadas en metros

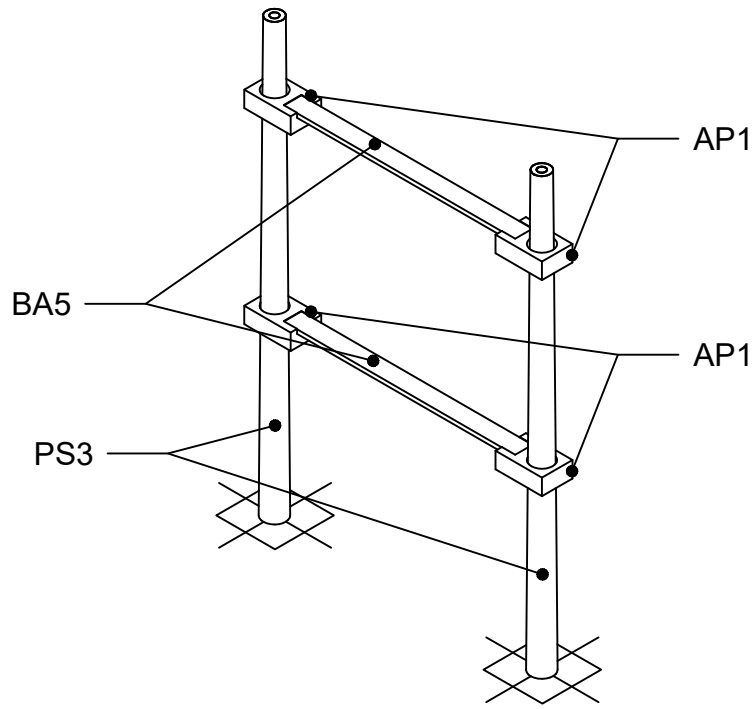


PERSPECTIVA

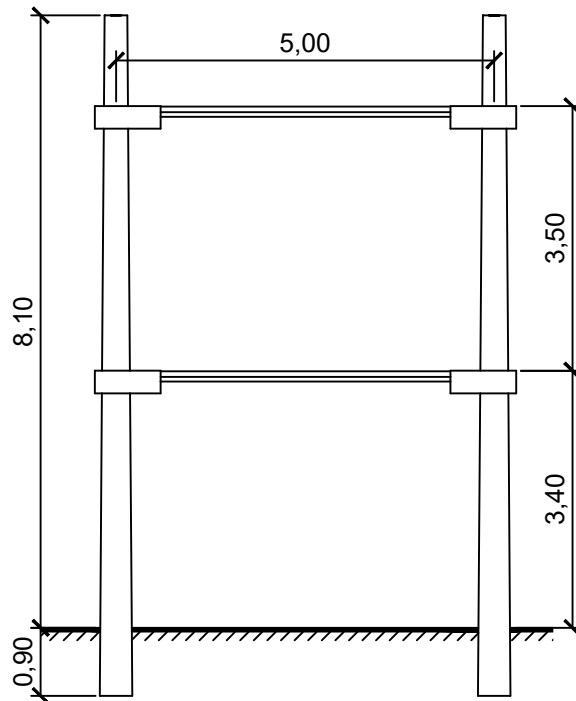


VISTA LATERAL

PO6 Esc.: 1:100
 Unidades expresadas en metros

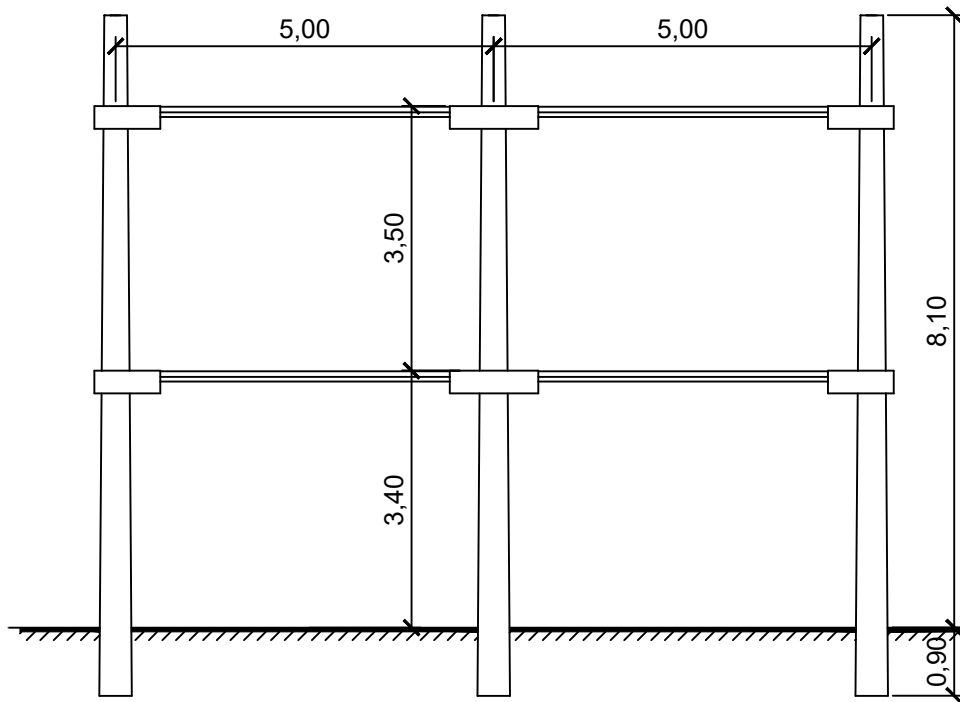
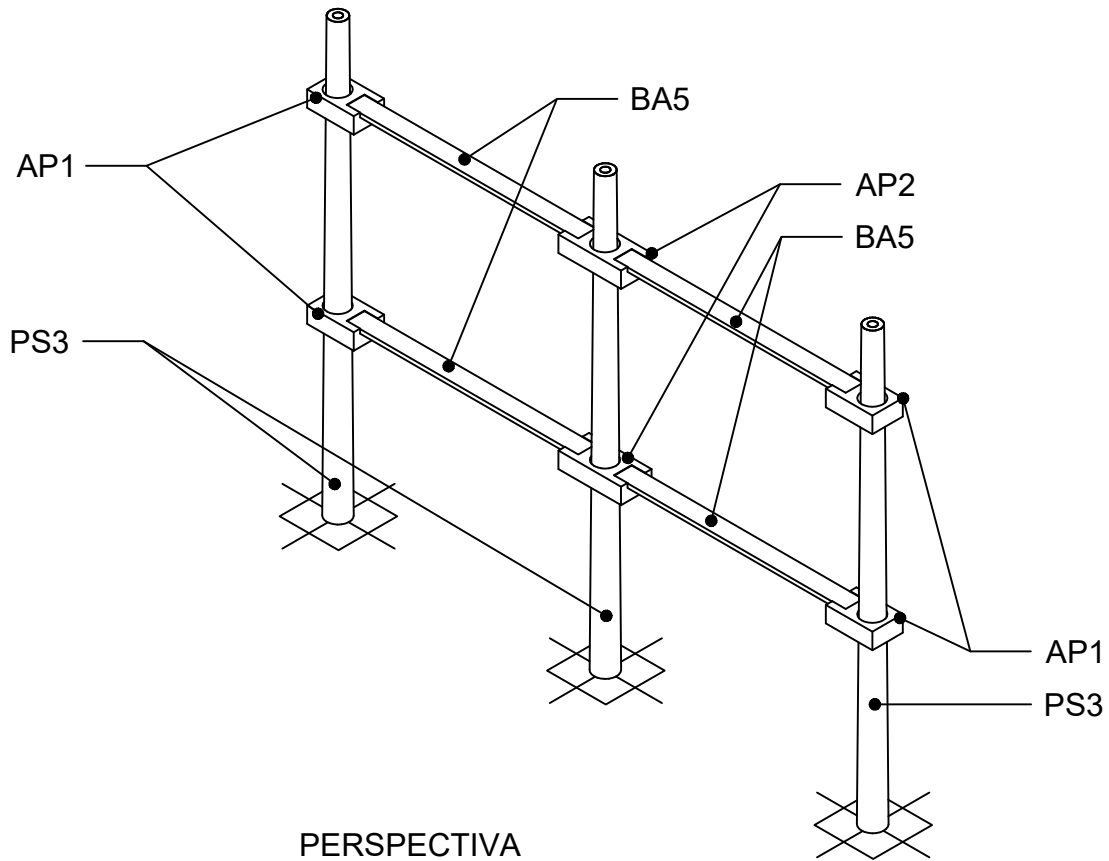


PERSPECTIVA

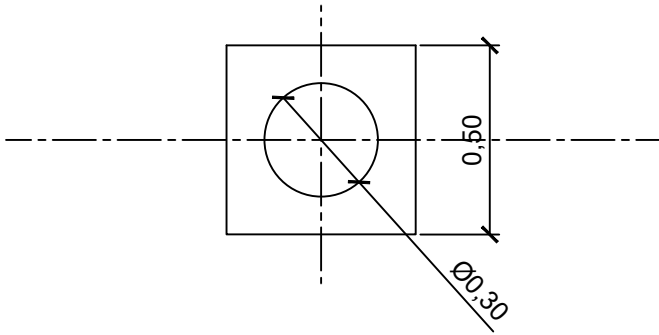


VISTA LATERAL

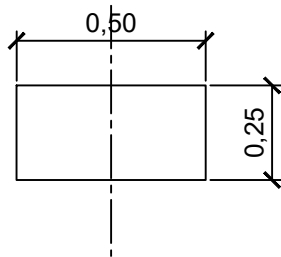
PO7 Esc.: 1:100
 Unidades expresadas en metros



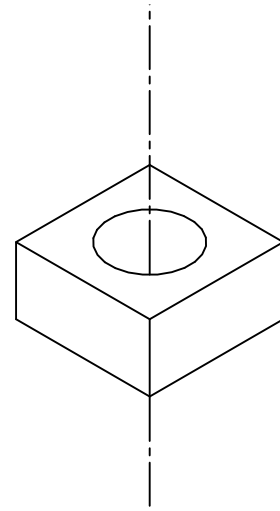
PO8 Esc.: 1:100
 Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

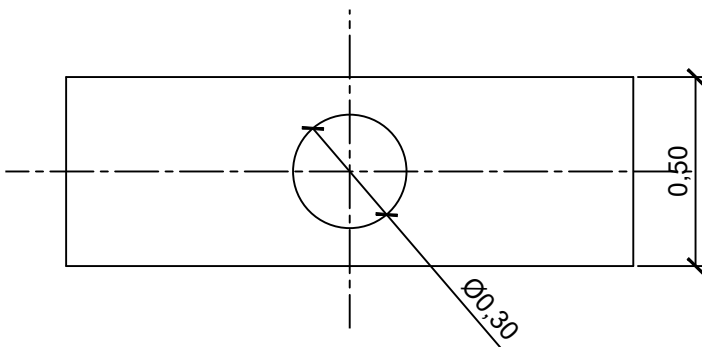


VISTA LATERAL

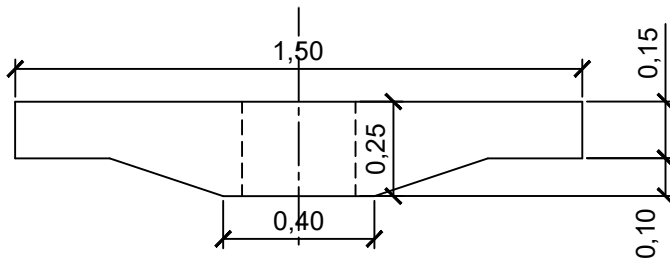


PERSPECTIVA

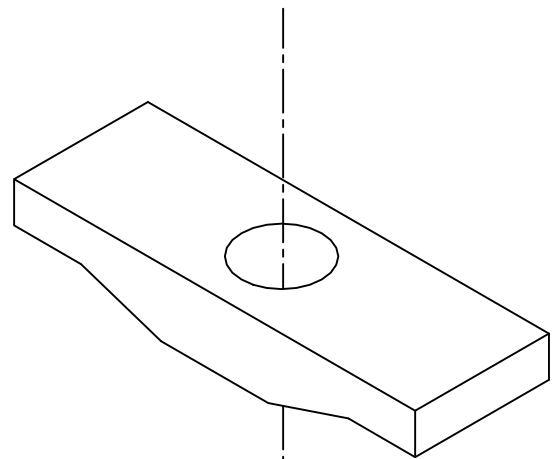
CA1 Esc.: 1:20
Unidades expresadas en metros



VISTA SUPERIOR

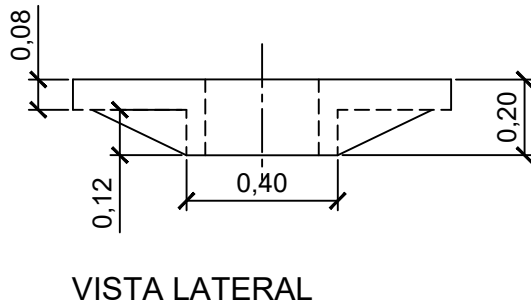
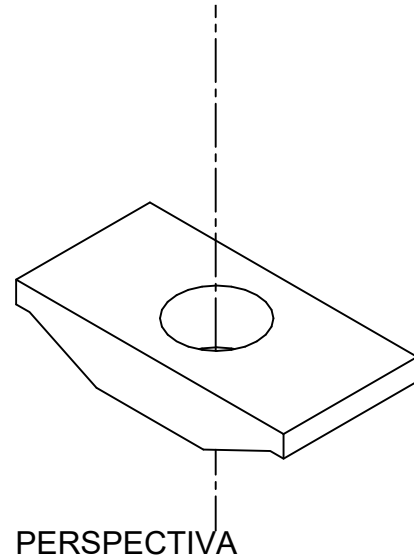
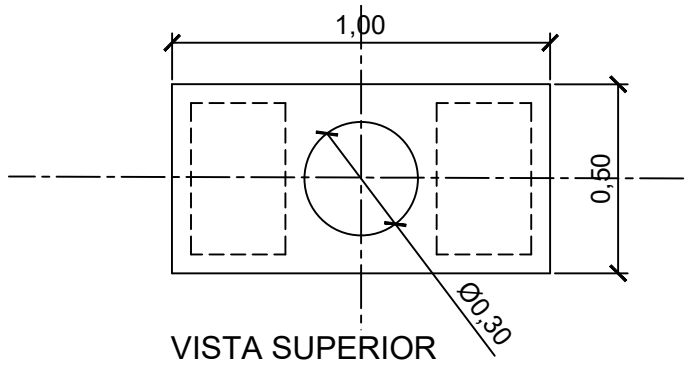


VISTA LATERAL

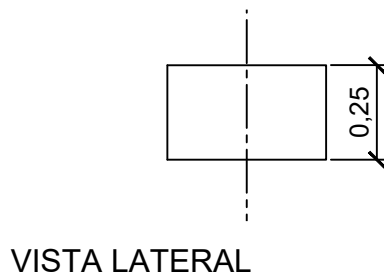
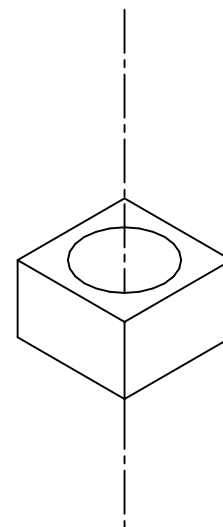
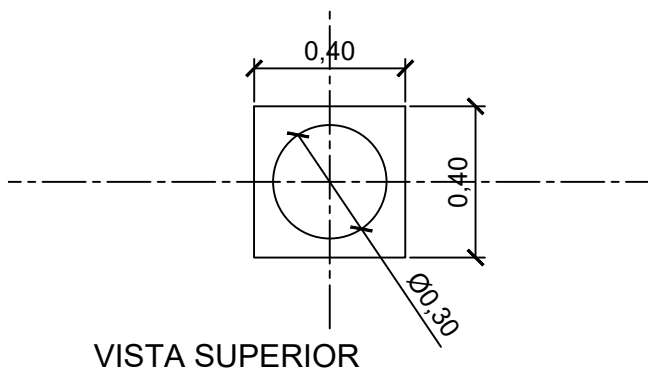


PERSPECTIVA

CA2 Esc.: 1:20
Unidades expresadas en metros

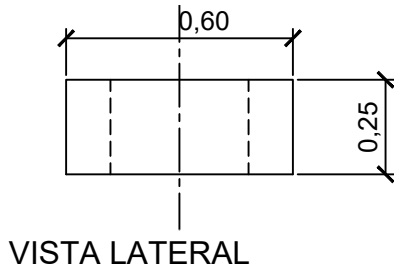
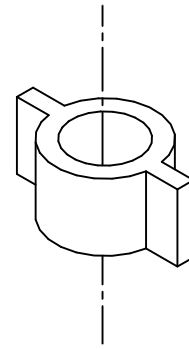
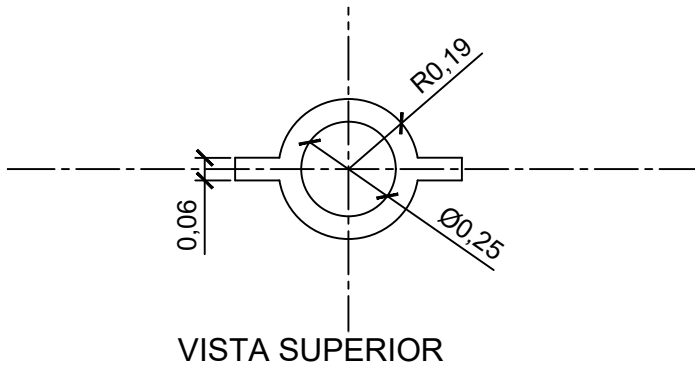


CA3 Esc.: 1:20
 Unidades expresadas en metros

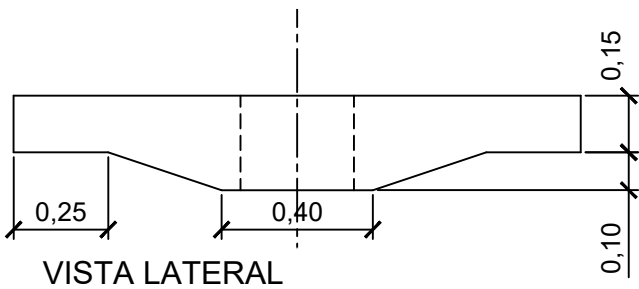
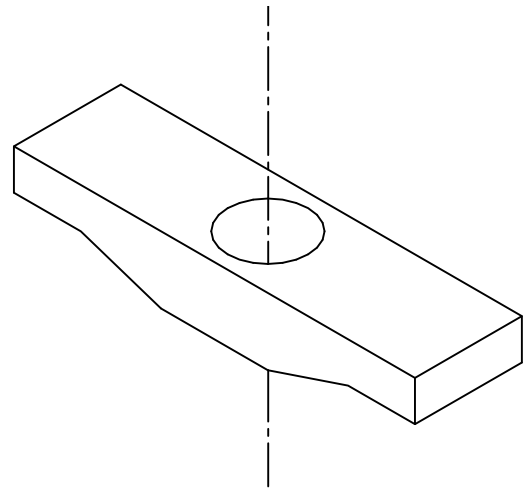
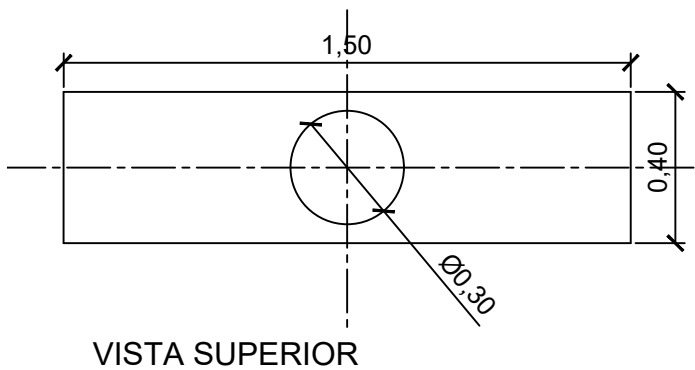


PERSPECTIVA

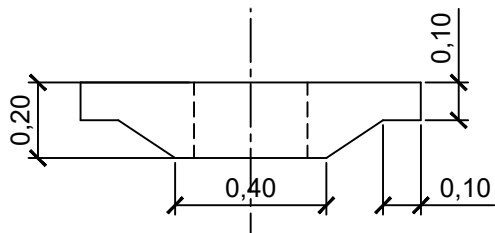
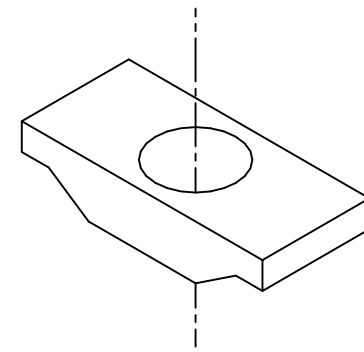
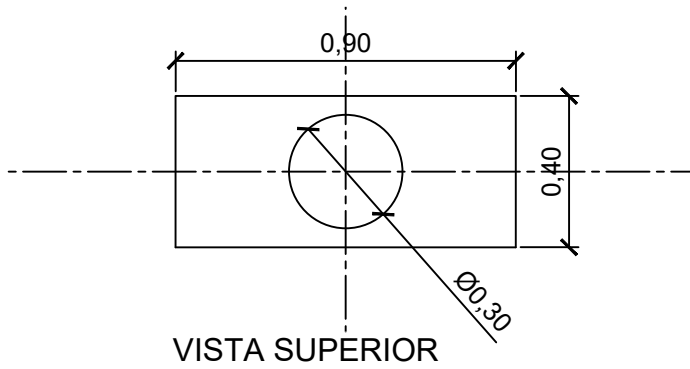
CA4 Esc.: 1:20
 Unidades expresadas en metros



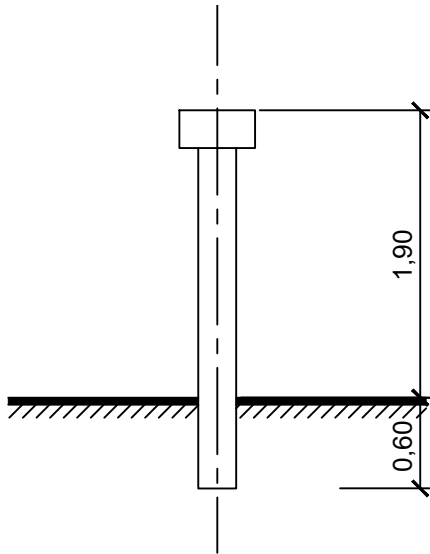
CA5 Esc.: 1:20
Unidades expresadas en metros



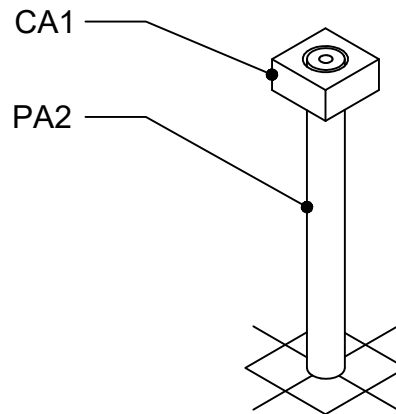
CA6 Esc.: 1:20
Unidades expresadas en metros



CA7 Esc.: 1:20
 Unidades expresadas en metros

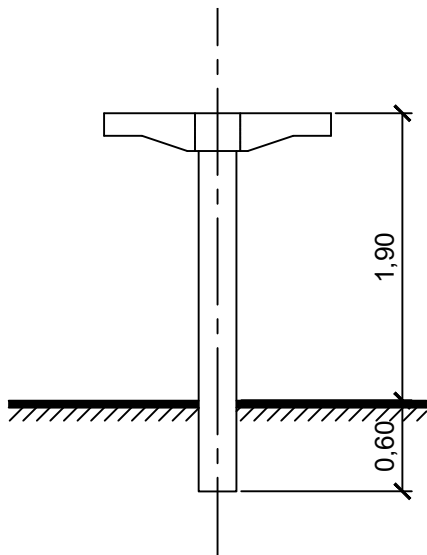


VISTA

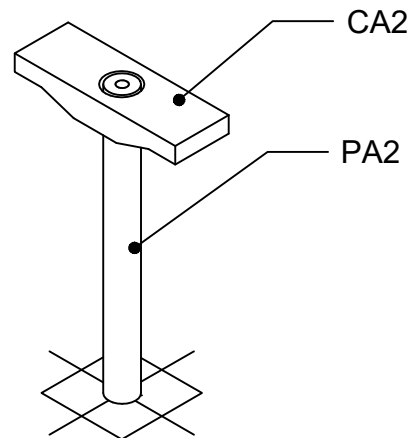


PERSPECTIVA

BA1 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros

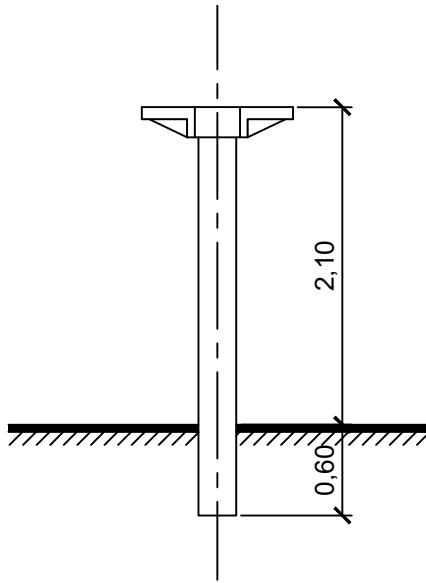


VISTA

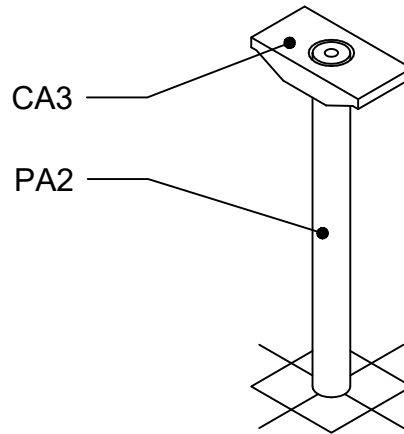


PERSPECTIVA

BA2 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros

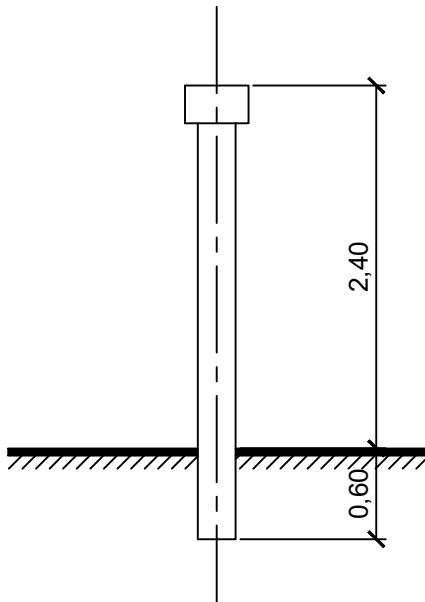


VISTA

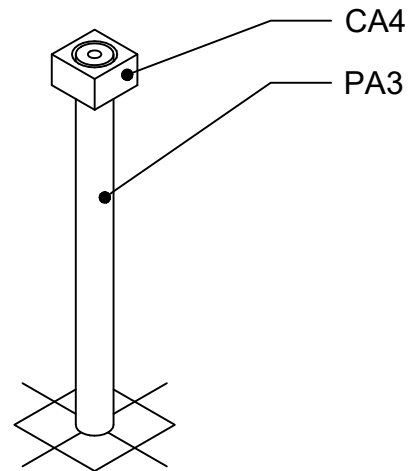


PERSPECTIVA

BA3 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros

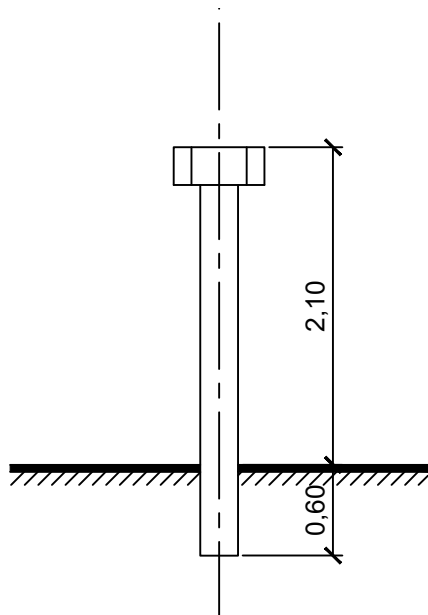


VISTA

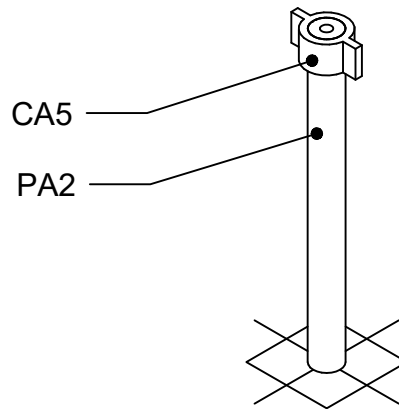


PERSPECTIVA

BA4 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros

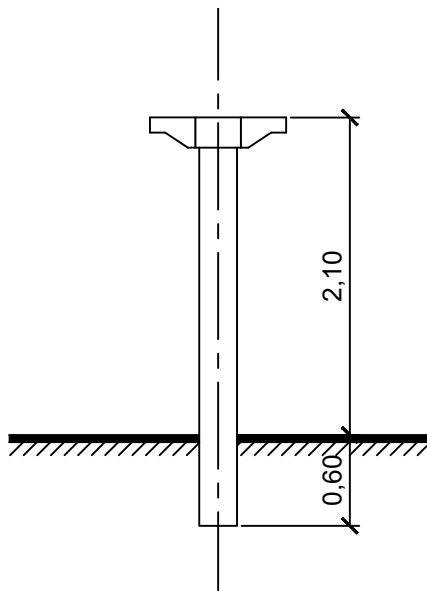


VISTA

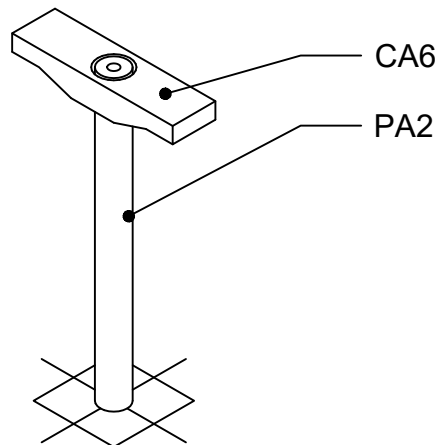


PERSPECTIVA

BA5 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros

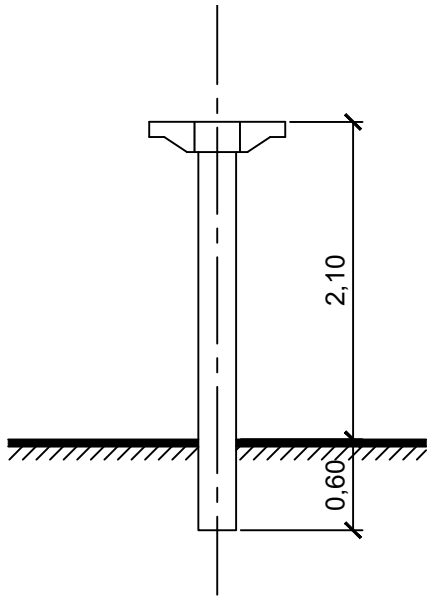


VISTA

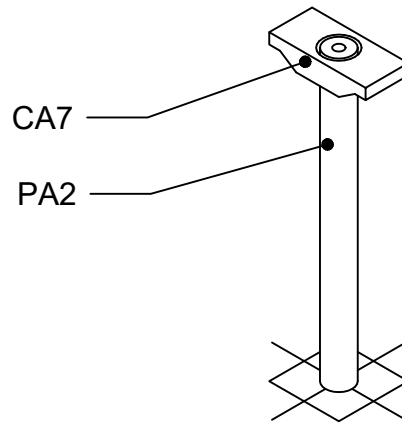


PERSPECTIVA

BA6 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros

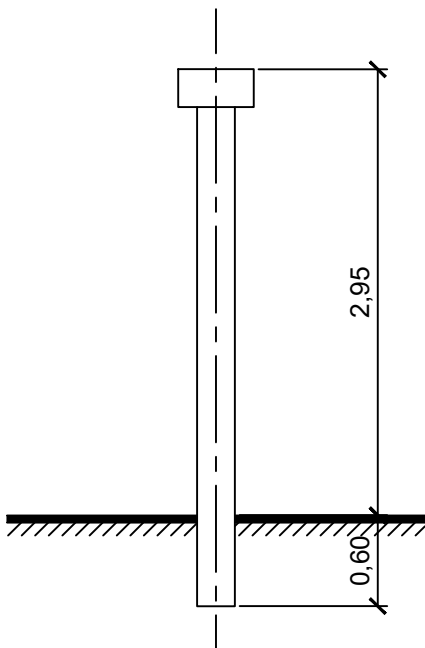


VISTA

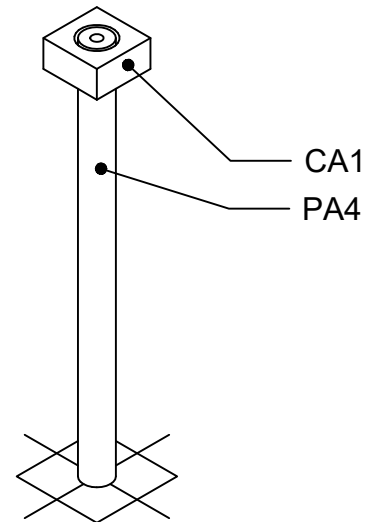


PERSPECTIVA

BA7 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros

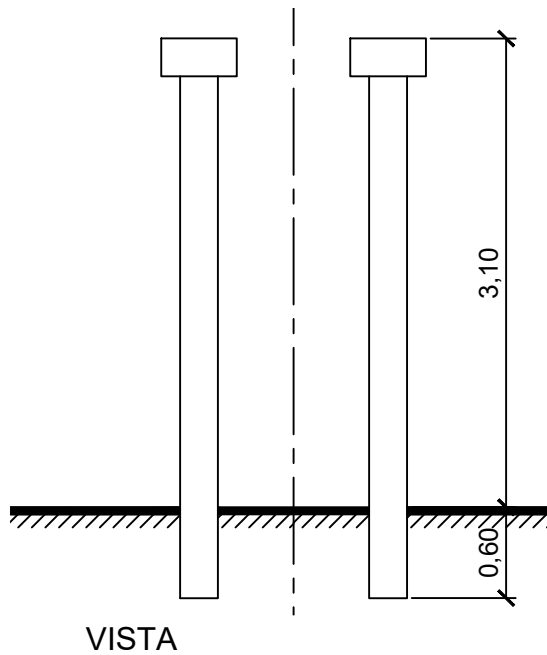


VISTA

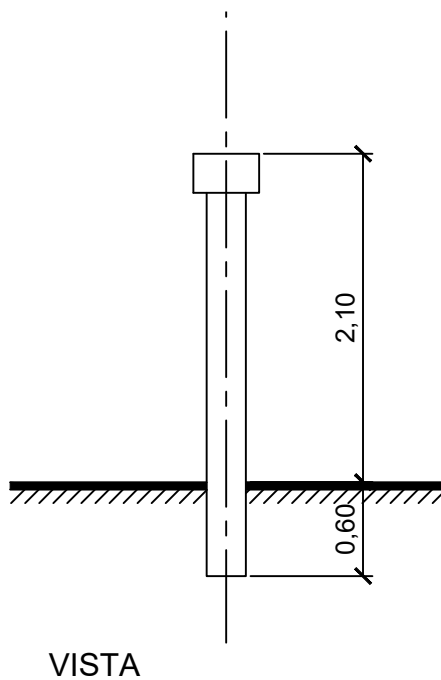


PERSPECTIVA

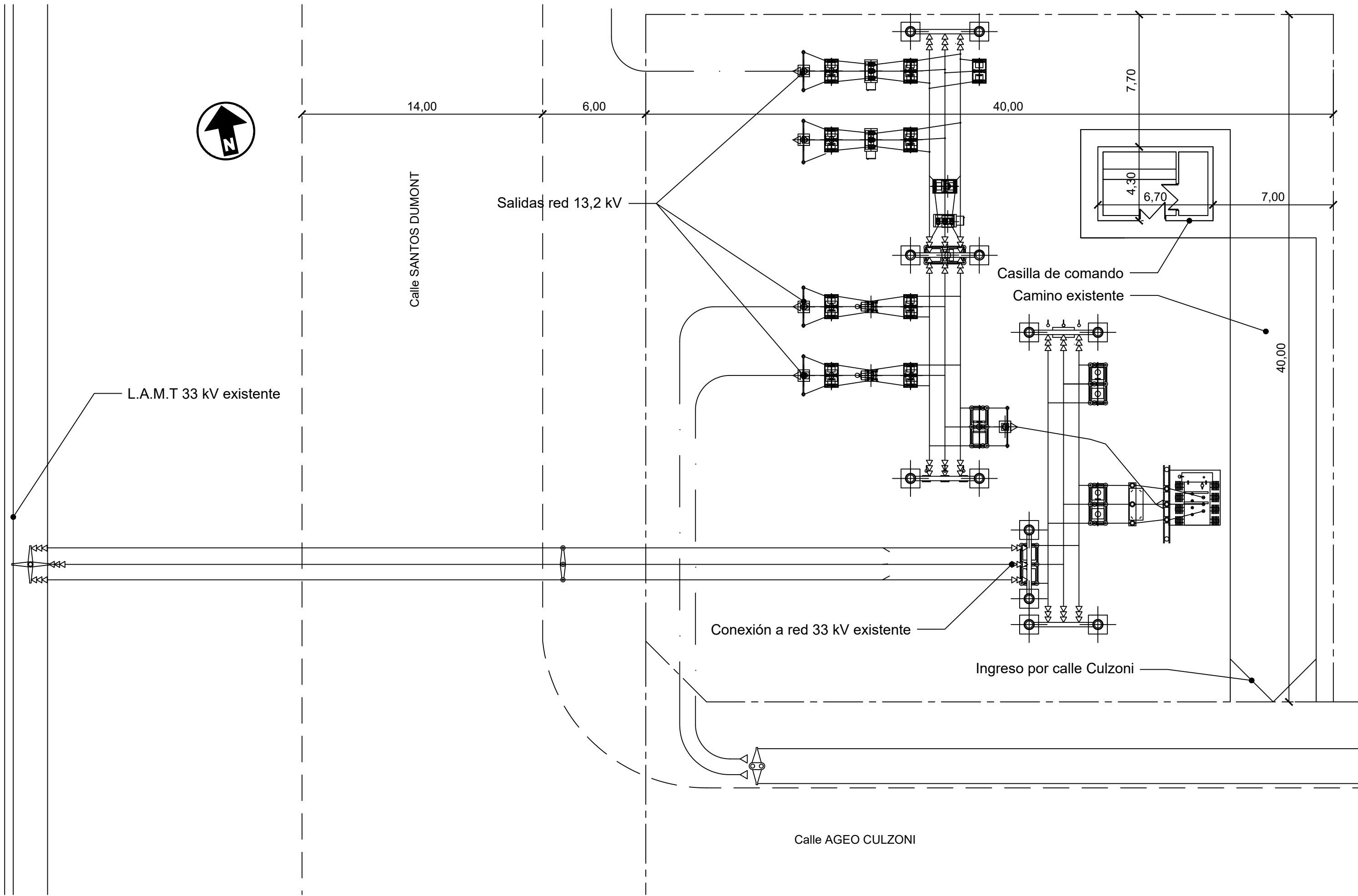
BA8 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros



BA9 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros



BA10 Esc.: 1:50
 Unidades expresadas en metros



PLANTA PROVISTA POR EPE
Unidades expresadas en metros

Esc.: 1:200

LAYOUT EXISTENTE PAER

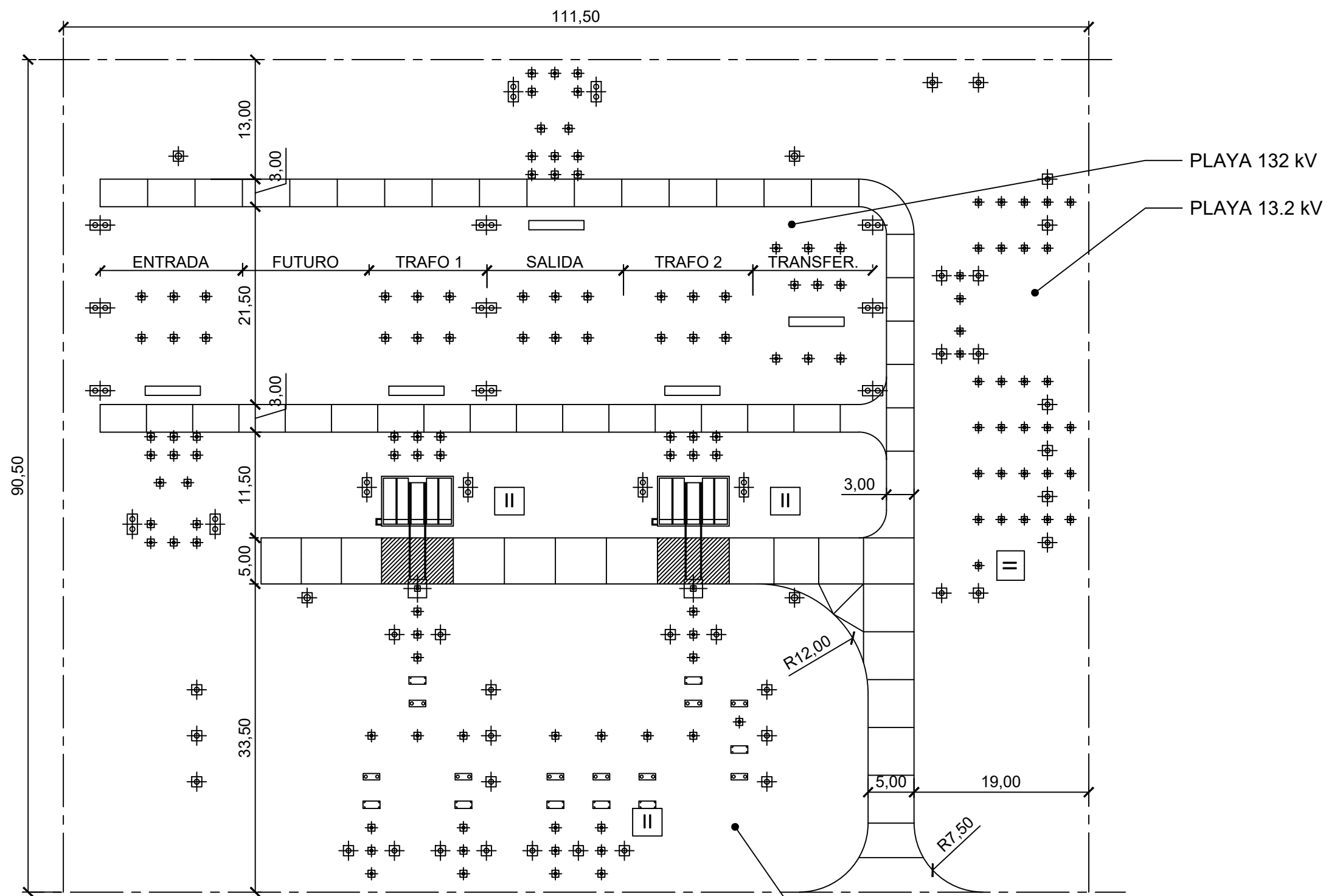
P27

Proyecto final de la carrera Ingeniería civil

Mayo 2020

YACOB, GUILLERMO



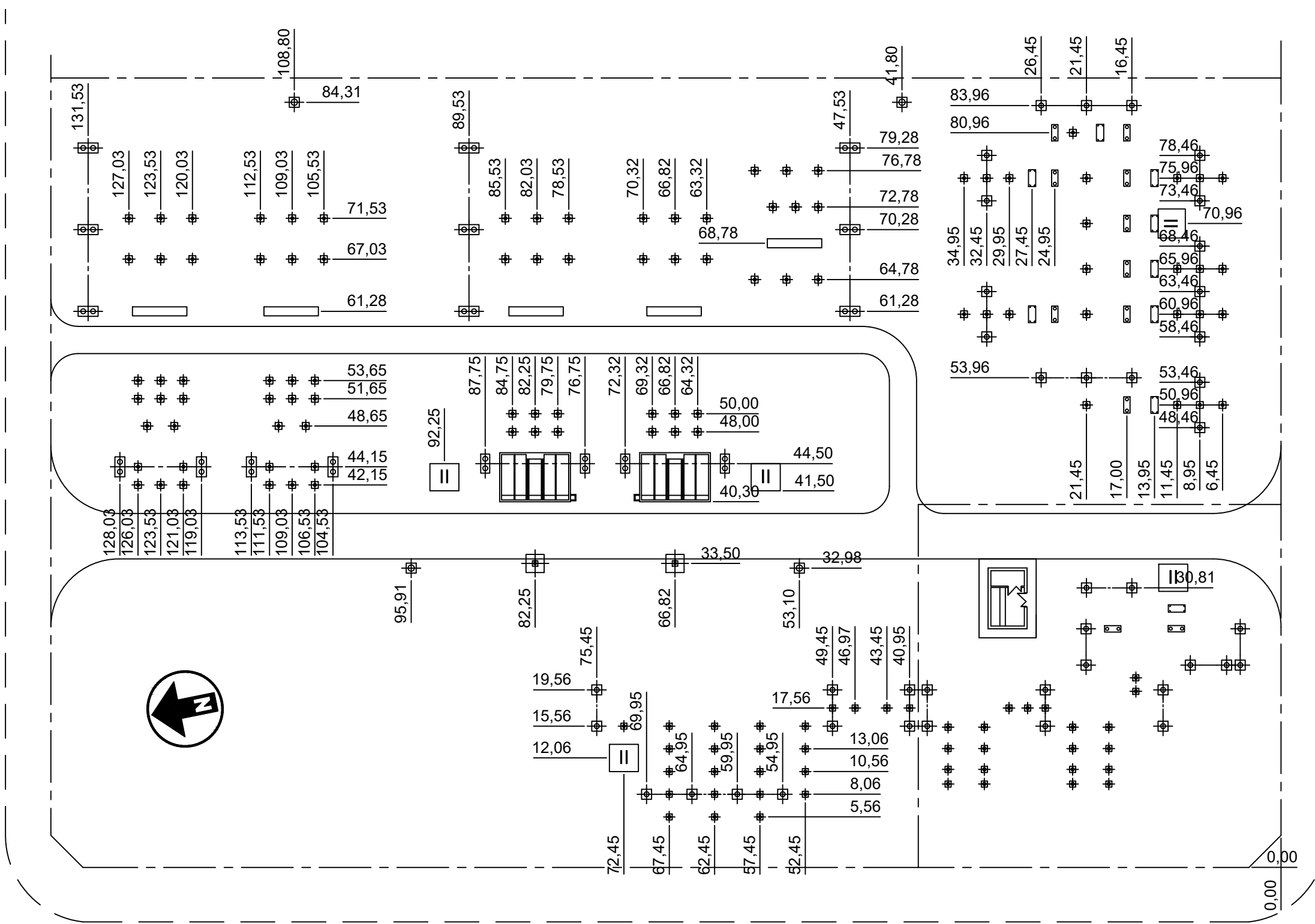


- REFERENCIAS**
- PLAYA 132 kV
 - Base para pórticos
 - Base para aparatos
 - Base interruptor tripolar
 - Base reactor de neutro
 - Base transformador principal
 - Base torre de iluminacion
 - PLAYA 33 kV
 - Base pórticos
 - Base para aparatos
 - Base para aparatos doble
 - Base interruptor
 - Base transformador de servicios auxiliares
 - PLAYA 13.2 kV
 - Base aparatos
 - Base pórticos
 - Base transformador de servicio auxiliares

PLANTA RELEVADA
Unidades expresadas en metros

Esc.: 1:500

REFERENCIAS




















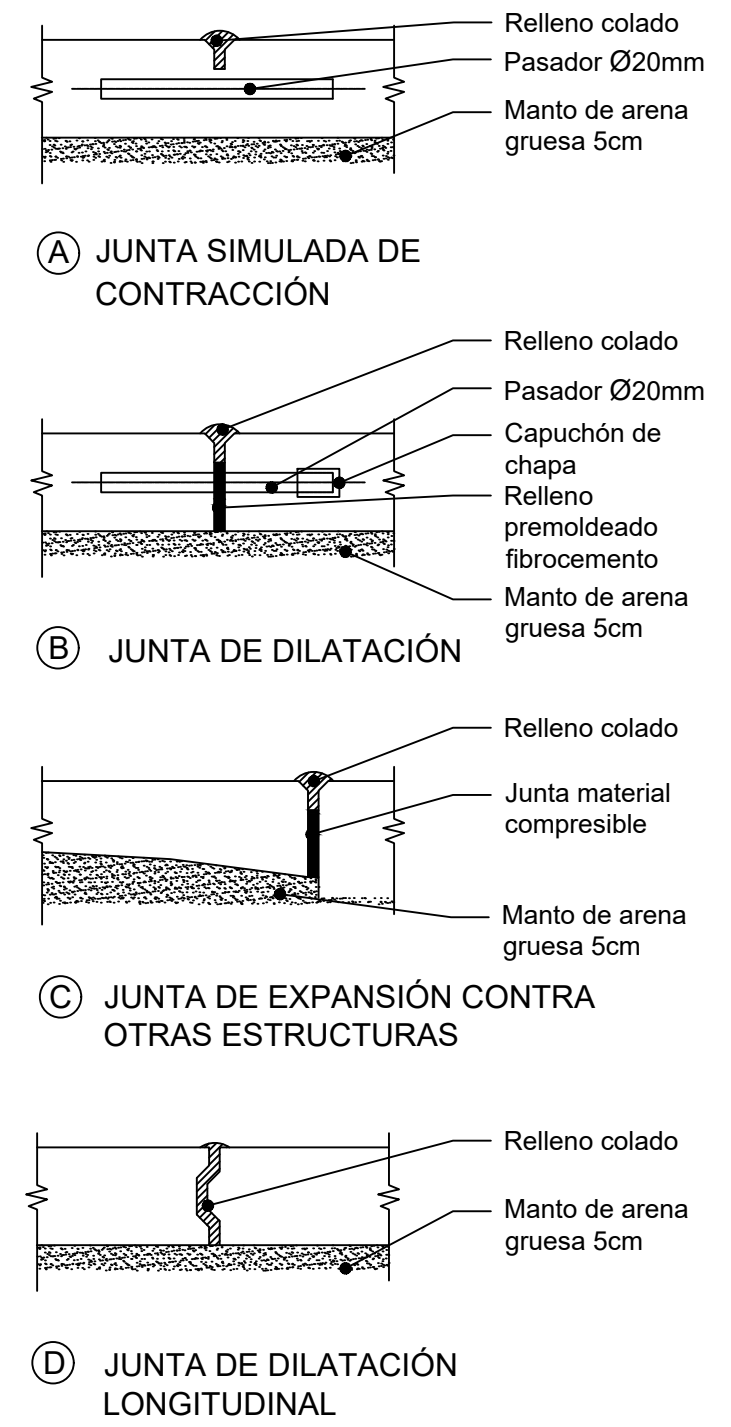
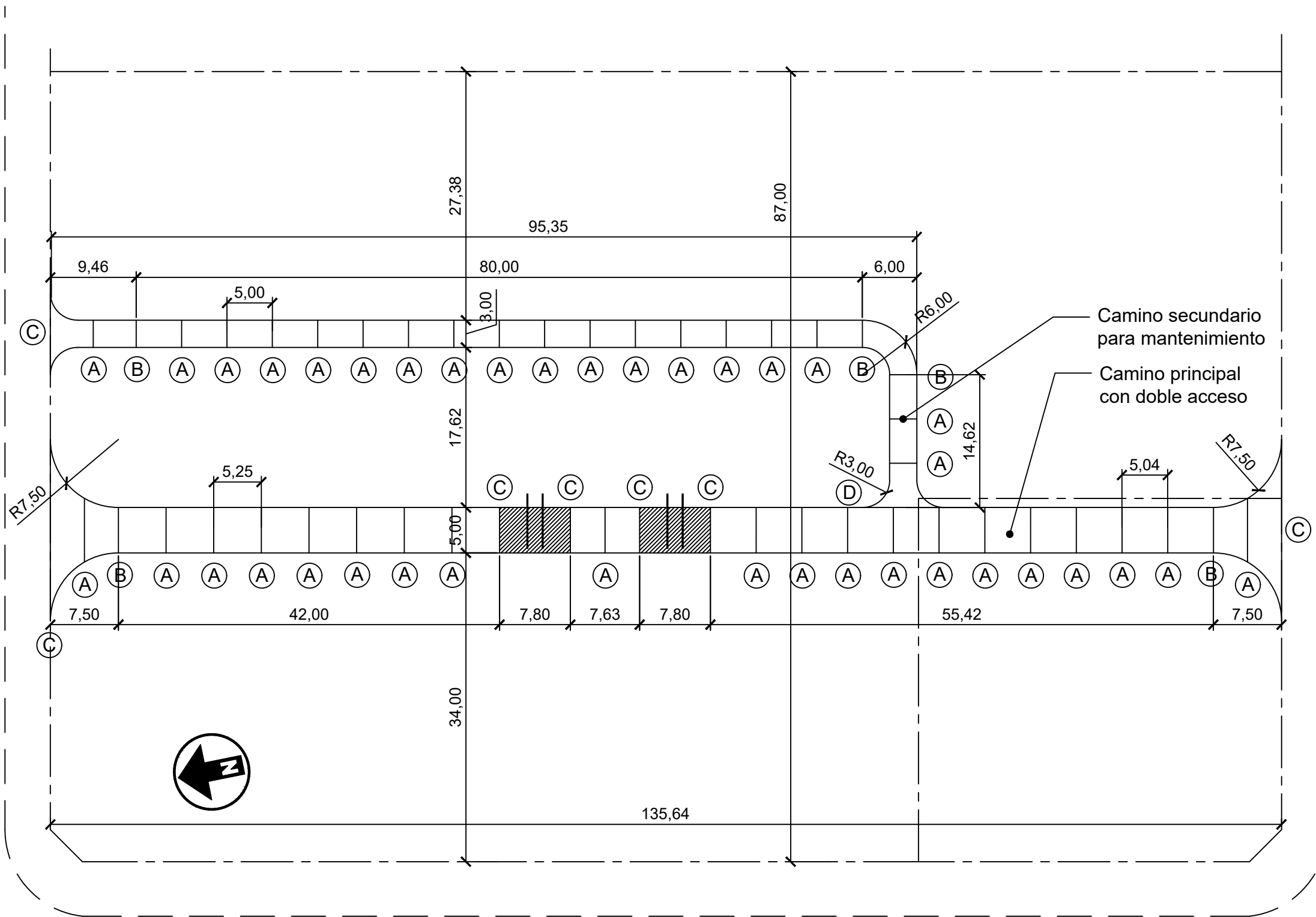
PLANTA UBICACIÓN DE APARATOS

Unidades expresadas en metros

Esc.: 1:500

**REFERENCIAS
REFERENCIAS**

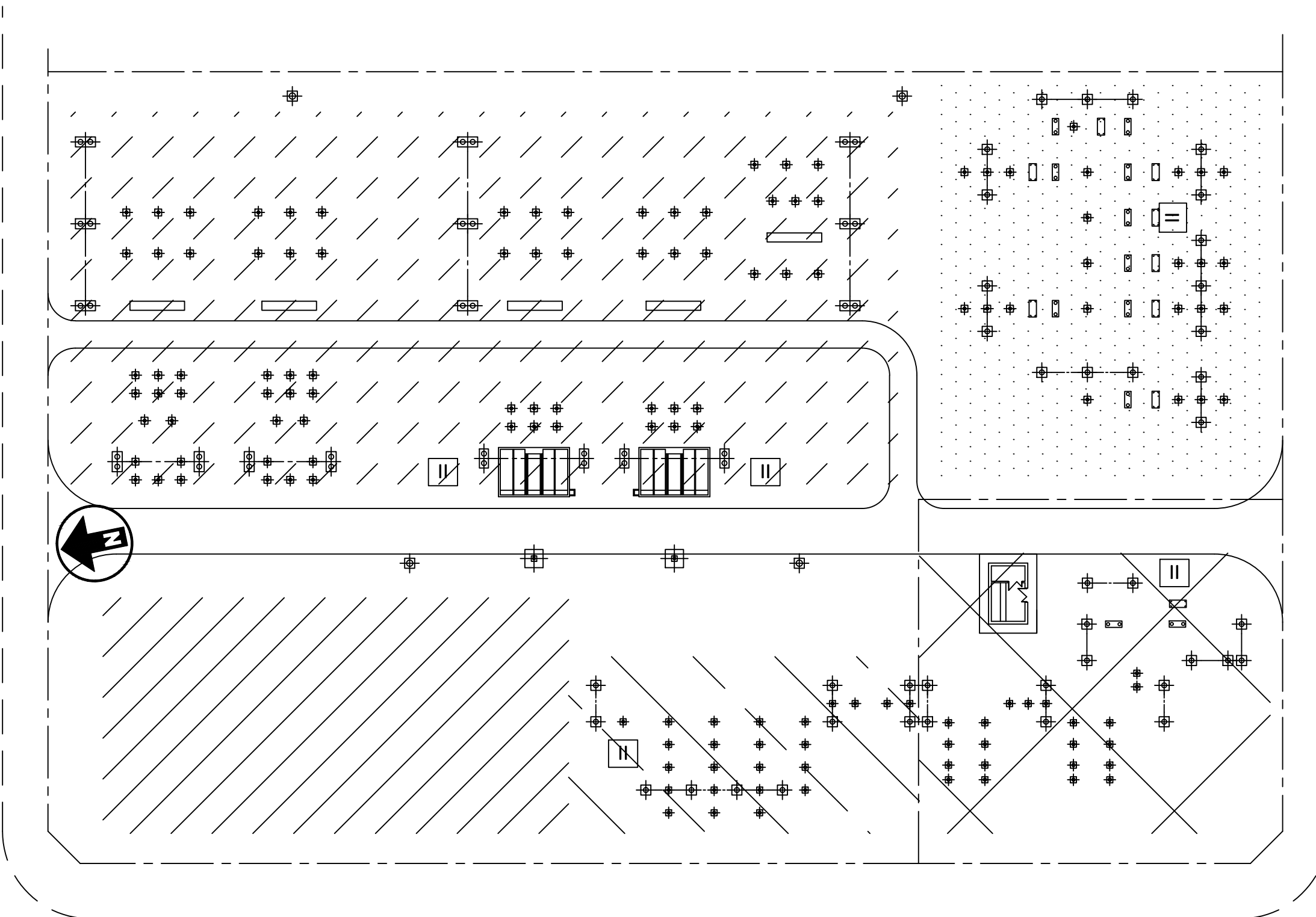
-  PLAYA 132 kV
-  Bases para pórticos
-  Bases para aparatos
-  Bases interruptor tripolar
-  Base reactor de neutro
-  Base transformador principal
-  Base torre de iluminacion
-  PLAYA 33 kV
-  Base pórticos
-  Base para aparatos
-  Base para aparatos doble
-  Base interruptor
-  Base transformador de servicios auxiliares
-  PLAYA 13.2 kV
-  Base aparatos
-  Base pórticos
-  Base transformador de servicio auxiliares



PLANTA CAMINOS
 Unidades expresadas en metros

Esc.: 1:500

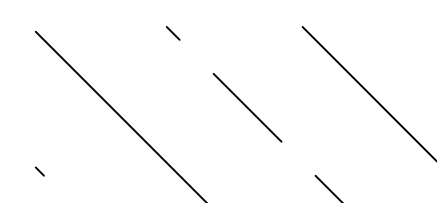
REFERENCIAS



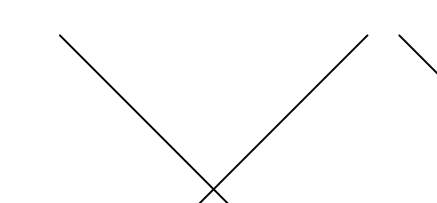
Playa 132 kV



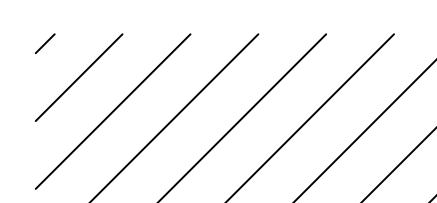
Playa 33 kV



Playa 13,2 kV



Estación de rebaje existente



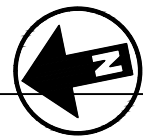
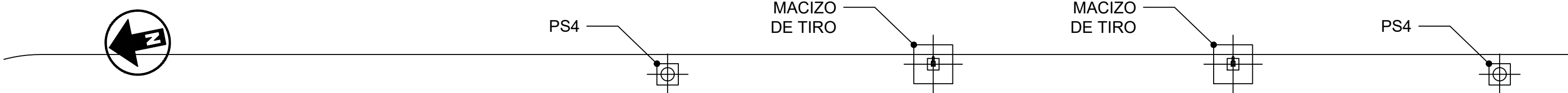
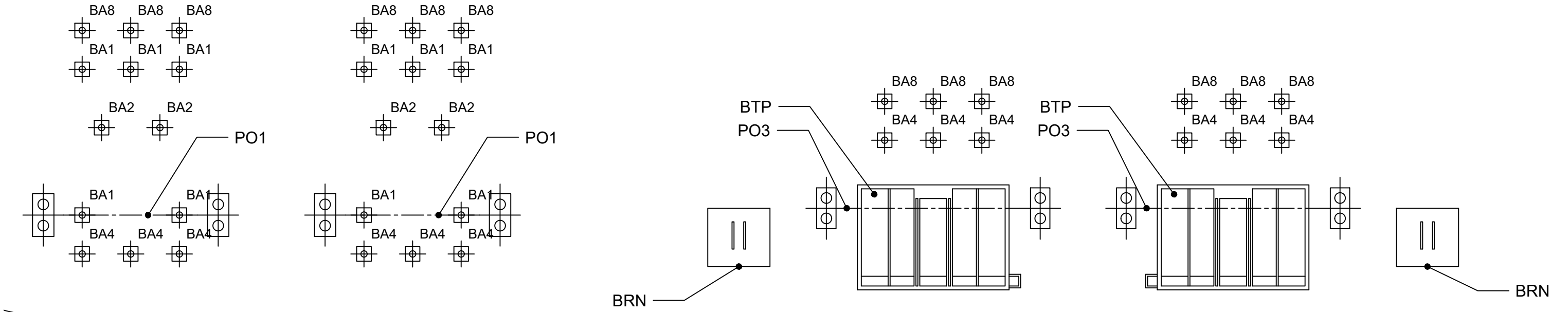
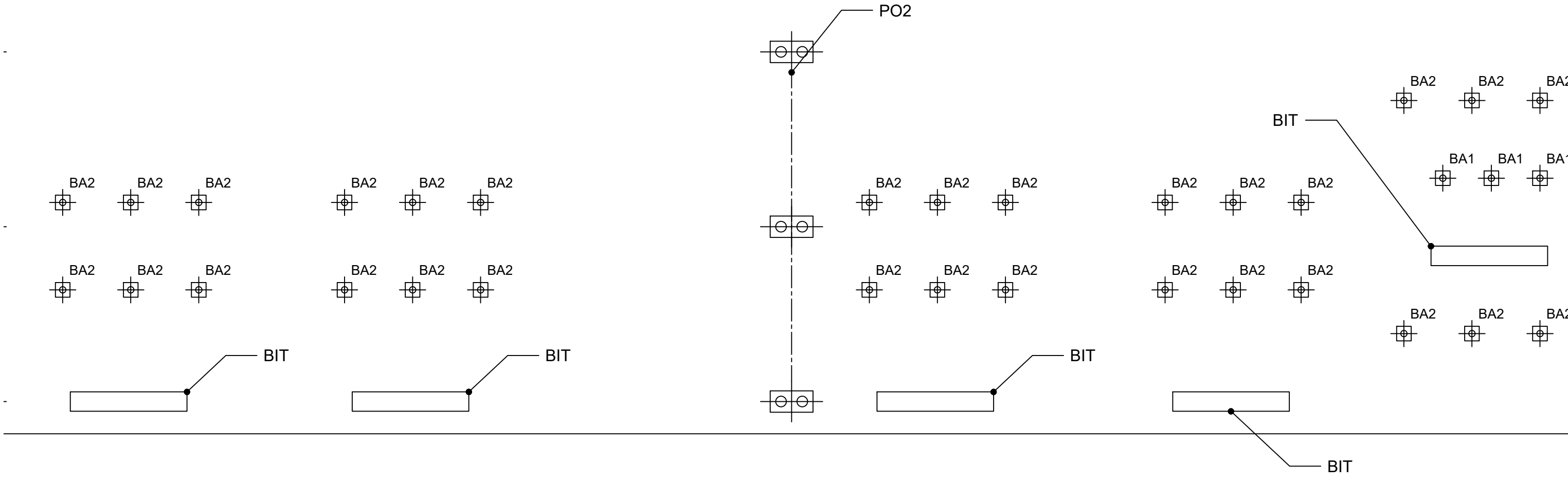
Espacio reservado para salas de operación, control y mantenimiento

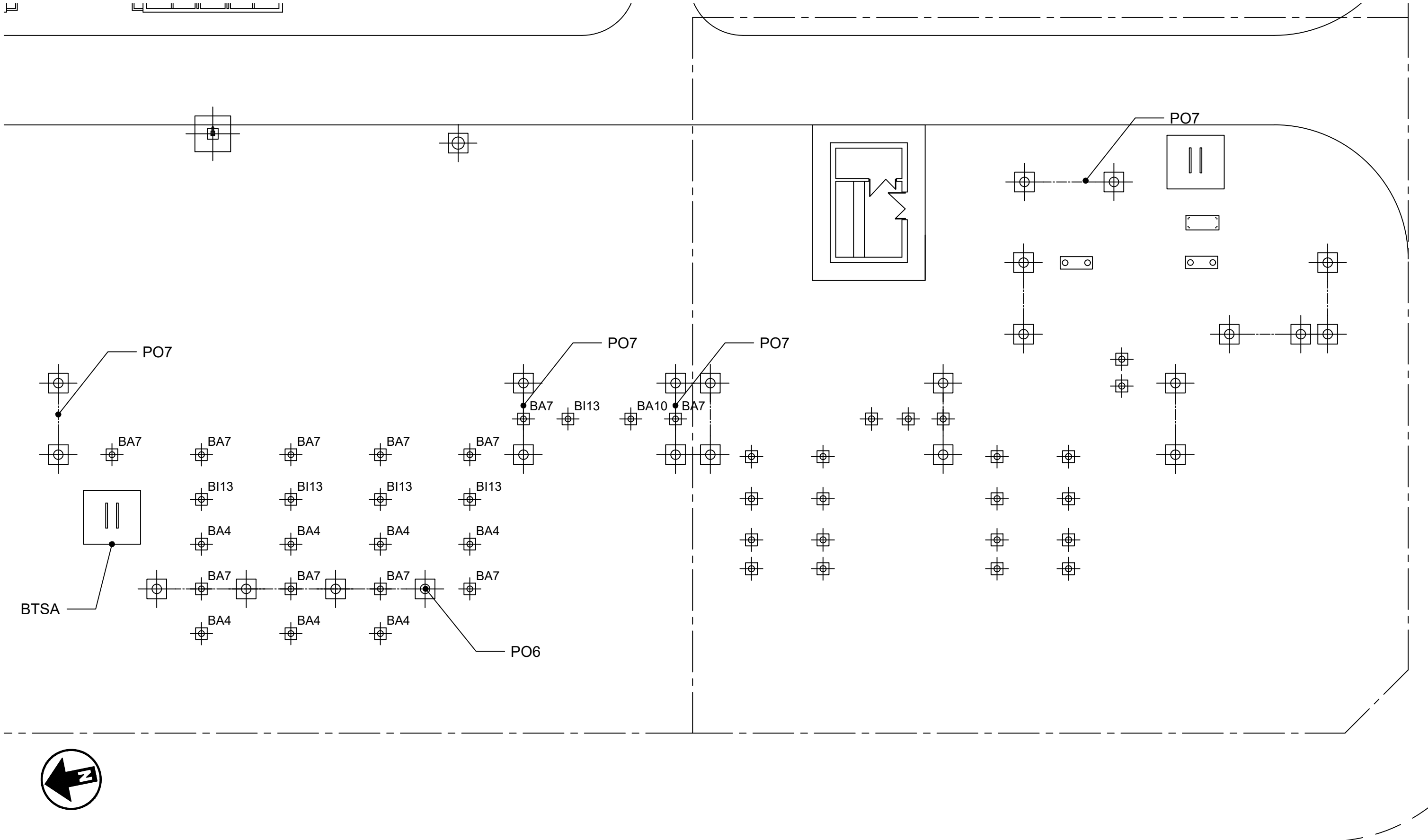
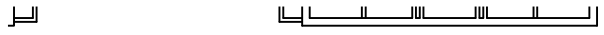
REFERENCIAS

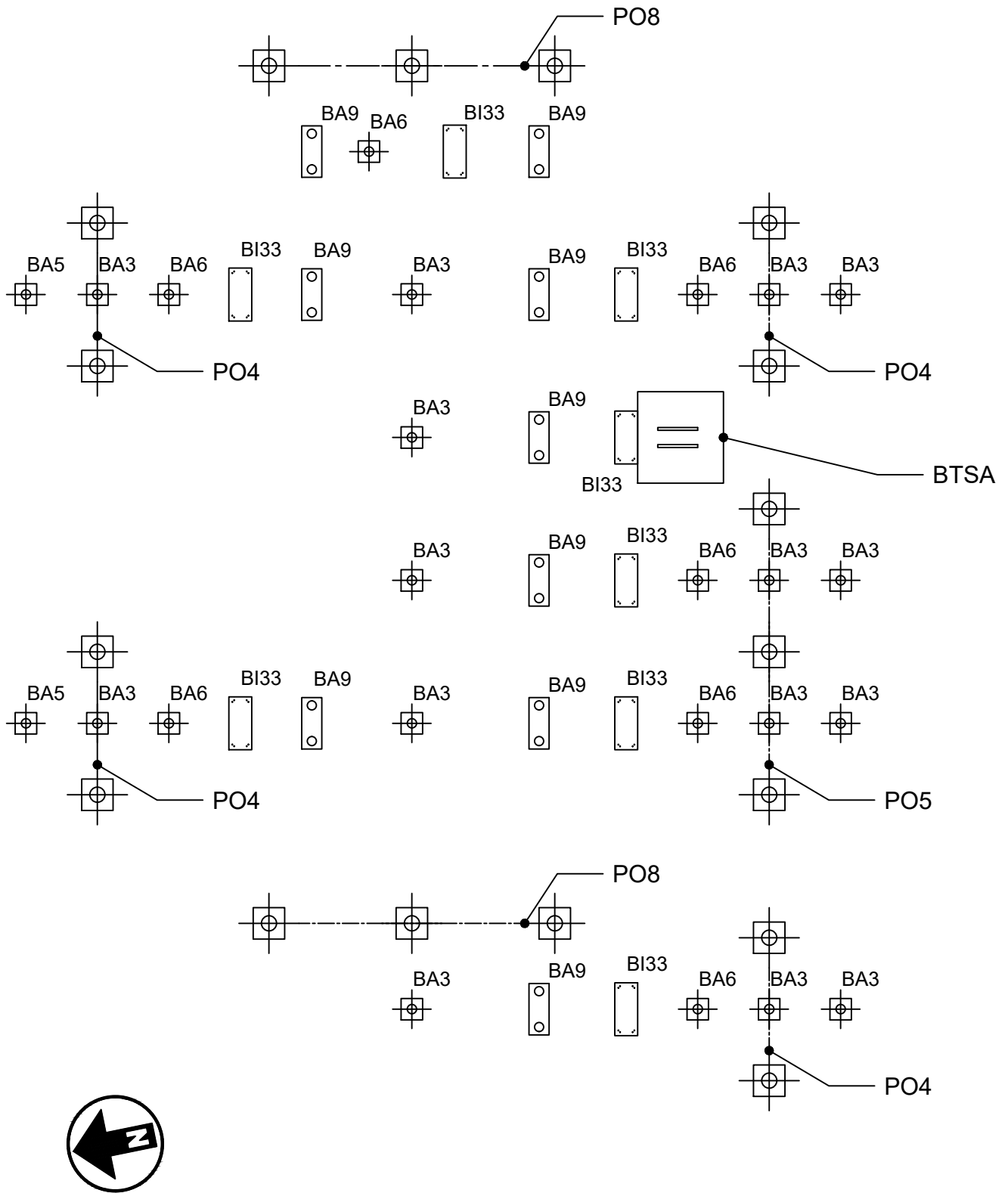
PLANTA DE USOS DE SUELO

Esc.: 1:500

Unidades expresadas en metros







PLAYA 132 kV Esc.: 1:200
 Unidades expresadas en metros