

0A	23/11/18	Emissão Inicial	ISC	CFC	CFC
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado



Sterlite São Francisco
Energia S.A.

Sterlite São Francisco Transmissão de Energia S.A.

PROJETO BÁSICO – LOTE 7 – LEILÃO Nº02/2018 - ANEEL

ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
ISC	CFC	CFC	CC	2001301707	23/11/2018

TÍTULO

FUNDAÇÕES TÍPICAS

Nº DOCUMENTO	FOLHA	REVISÃO
SF01818-LT-GNLT-G-RE-0013	1/18	0A

SUMÁRIO

1.	Objetivo.....	3
2.	Campanha de Investigação de solos.....	3
2.1	<i>Programação</i>	3
2.2	<i>Inspeção Visual</i>	3
2.3	<i>Sondagens SPT</i>	3
2.4	<i>Poços de Inspeção</i>	3
3.	Tipificação dos Solos e Fundações.....	4
3.1	<i>Fundações para Solos Normais</i>	4
3.2	<i>Fundações para Solos Especiais</i>	4
3.3	<i>Parâmetros Básicos dos Solos</i>	4
4.	Critérios para Dimensionamento das Fundações.....	5
4.1	<i>Cargas Atuando nas Fundações</i>	5
4.2	<i>Dimensionamento das Fundações</i>	5
4.3	<i>Dimensionamento do Concreto Armado</i>	5
5.	Série de Estruturas.....	6
6.	Referências.....	6
7.	Figuras.....	7
7.1	<i>Estaiada – estai</i>	7
7.2	<i>Estaiada – mastro</i>	11
7.3	<i>Autoportantes</i>	15

1. OBJETIVO

Definir as características construtivas das fundações típicas a serem utilizadas em solos normais no projeto da LTs 500 kV, circuito simples, Porto Sergipe – Olindina, 180 km, e Olindina – Sapeaçu, 207 km, integrantes do lote 7 do Edital de Leilão nº02/2018 ANEEL.

2. CAMPANHA DE INVESTIGAÇÃO DE SOLOS

2.1 PROGRAMAÇÃO

Tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial deve ser programada uma campanha de investigação dos solos nos locais onde serão instaladas as estruturas. Essa campanha deve incluir, pelo menos, as seguintes investigações:

- a) Inspeção Visual;
- b) Sondagens SPT;
- c) Poços de Inspeção.

2.2 INSPEÇÃO VISUAL

Deve ser executada em todos os pontos onde serão instaladas as estruturas da LT visando classificar de forma expedita o solo do local (1).

A inspeção visual deve ser precedida por um exame criterioso dos desenhos de planta e perfil os quais normalmente fornecem informações importantes sobre o solo da região (se alagadiço ou inundável, banhado, brejo, afloramento de rocha, erosão, coluvião, sangas, rios, valetas, vegetação, etc.).

A inspeção visual “in situ” deve complementar as informações fornecidas pelos desenhos de planta e perfil no que se refere às formas de erosão, tipo de vegetação, tonalidade da cor do solo e nome genérico pelo qual o solo é conhecido na região.

2.3 SONDAGENS SPT

Devem ser executadas nos seguintes locais:

- a) Estruturas em ângulo;
- b) Locais indicativos de solo fraco (brejos, banhados, áreas inundáveis);
- c) Pelo menos uma a cada duas Torres em trechos longos em alinhamento.

As sondagens SPT devem ir, pelo menos, até 15,45 m de profundidade ou até atingir a camada impenetrável. Em solos muito fracos a sondagem deverá atingir obrigatoriamente a camada impenetrável.

2.4 POÇOS DE INSPEÇÃO

Devem ser executados poços de inspeção nos pontos onde não forem viáveis a realização de sondagem SPT devido a dureza do solo local.

A dimensão mínima do poço a ser aberto será de 1,20 m. De preferência, para maior segurança e rendimento, a sua forma deverá ser circular.

A escavação do poço poderá ser mecanizada se forem tomadas todas as precauções para que a velocidade de escavação possibilite a observação das diversas camadas atravessadas.

Deverão ser indicadas nos boletins de sondagens a classificação dos solos encontrados nas diversas camadas e as profundidades correspondentes e classificação da rocha.

3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES

3.1 FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS

Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltsosos ou mistos (argilo-siltsosos, areno-argilosos, etc.) com ou sem presença de água e rocha abaixo do nível da base da escavação das fundações.

Para esses solos é prevista como alternativa preferencial a instalação de fundações típicas em tubulões de concreto armado, verticais, com ou sem base alargada.

Para solos em que a alternativa em tubulões se mostrar inadequada é prevista a instalação de fundações em sapatas de concreto.

Para rocha sã ou pouco fraturada é prevista a instalação de tubulões curtos ou blocos em concreto armado ancorados na rocha. Nos locais em que seja possível escavar a rocha poderá ser utilizado como alternativa fundação em tubulão curto em concreto armado engastado diretamente na rocha.

3.2 FUNDAÇÕES PARA SOLOS ESPECIAIS

Nos solos muito fracos, com ou sem presença d'água a baixa profundidade, é prevista a instalação de estacas metálicas ou de concreto armado coroadas por blocos de concreto armado independentes ou interligados por vigas horizontais.

O detalhamento dessas fundações será desenvolvido na fase do projeto executivo quando forem conhecidas as características do solo dos locais onde serão instaladas as estruturas e selecionados os métodos construtivos mais adequados às condições locais.

3.3 PARÂMETROS BÁSICOS DOS SOLOS

As características dos solos a serem efetivamente utilizadas no projeto das fundações típicas serão selecionadas com base nos resultados da Campanha de Investigação de Solos descrita no capítulo 2 anterior.

Para o presente relatório, o qual visa apenas definir dimensões aproximadas para as fundações típicas, foram adotadas as características geotécnicas indicadas a seguir, as quais são representativas (2) dos solos descritos nos itens 3.1 e 3.2 anteriores.

Tabela 1 – Características geotécnicas adotadas

Característica	Solo Normal	Com água	Rocha
Coesão (kg/cm ²)	0 a 0,4	0,1	
Ângulo de atrito	10° a 35°	10°	35° a 45°
Peso específico (t/m ³)	1,2 a 1,7	1,0	2,0 a 2,8
Compressão (kg/cm ²)	1,0 a 3,5	0,8	5,0 a 15,0
Característica	Solo Normal	Com água	Rocha
Nº de golpes SPT	20 ≤ N _{spt}	10 ≤ N _{spt} ≤ 19	N _{spt} ≤ 9

4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

4.1 CARGAS ATUANDO NAS FUNDAÇÕES

As cargas atuando nas fundações serão as indicadas nas memórias de cálculo das torres que compõem a série a ser utilizada (6). Tais cargas já incluem todos os fatores de segurança adotados no projeto estrutural das torres.

As cargas máximas de tração, compressão e horizontais associados (transversais e longitudinais), consideradas nas suas combinações mais desfavoráveis, serão multiplicadas por um fator de sobrecarga adicional de 1,10.

As novas cargas assim obtidas serão utilizadas para dimensionamento das fundações e cálculo das estruturas de concreto armado.

4.2 DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

O dimensionamento à tração (arrancamento) usará a metodologia (3) desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo eng^o. Y. Barraud (EDF), associada ao método clássico do cone de arrancamento.

O dimensionamento à compressão levará em consideração as cargas horizontais associadas e os correspondentes momentos atuantes sobre a base da fundação resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta (4).

4.3 DIMENSIONAMENTO DO CONCRETO ARMADO

Para dimensionamento do concreto armado (5) serão utilizados os valores constantes da tabela apresentada a seguir, todos referidos ao estado limite último.

Os valores indicados são compatíveis com o critério adotado no cálculo das cargas atuando nas fundações conforme item 4.1 anterior.

Tabela 2 – Valores utilizados no dimensionamento do concreto armado

Crítérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Deformação específica do concreto comprimido	$\epsilon_c \leq 3,5\%$
Deformação específica da armadura tracionada	$\epsilon_s \leq 10\%$
Resistência à compressão do concreto	
c.1) Concreto moldado "in situ"	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.2) Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$
c.3) Concreto ciclópico	$f_{ck} \geq 8 \text{ MPa}$
c.4) Concreto simples	$f_{ck} \geq 9 \text{ MPa}$
Tensão de cálculo no concreto	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\delta_c}$ $\delta_c = 1,4$
Tensão de cálculo no aço	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s}$ $\delta_s = 1,15$

Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado	Valor Adotado
Tensão de cálculo nos chumbadores	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s}$
Aço da armadura	$\delta_s = 1,5$ CA 50A ou CA 60A
Cobrimento da armadura	5 cm

5. SÉRIE DE ESTRUTURAS

Tabela 3 – Série de estruturas

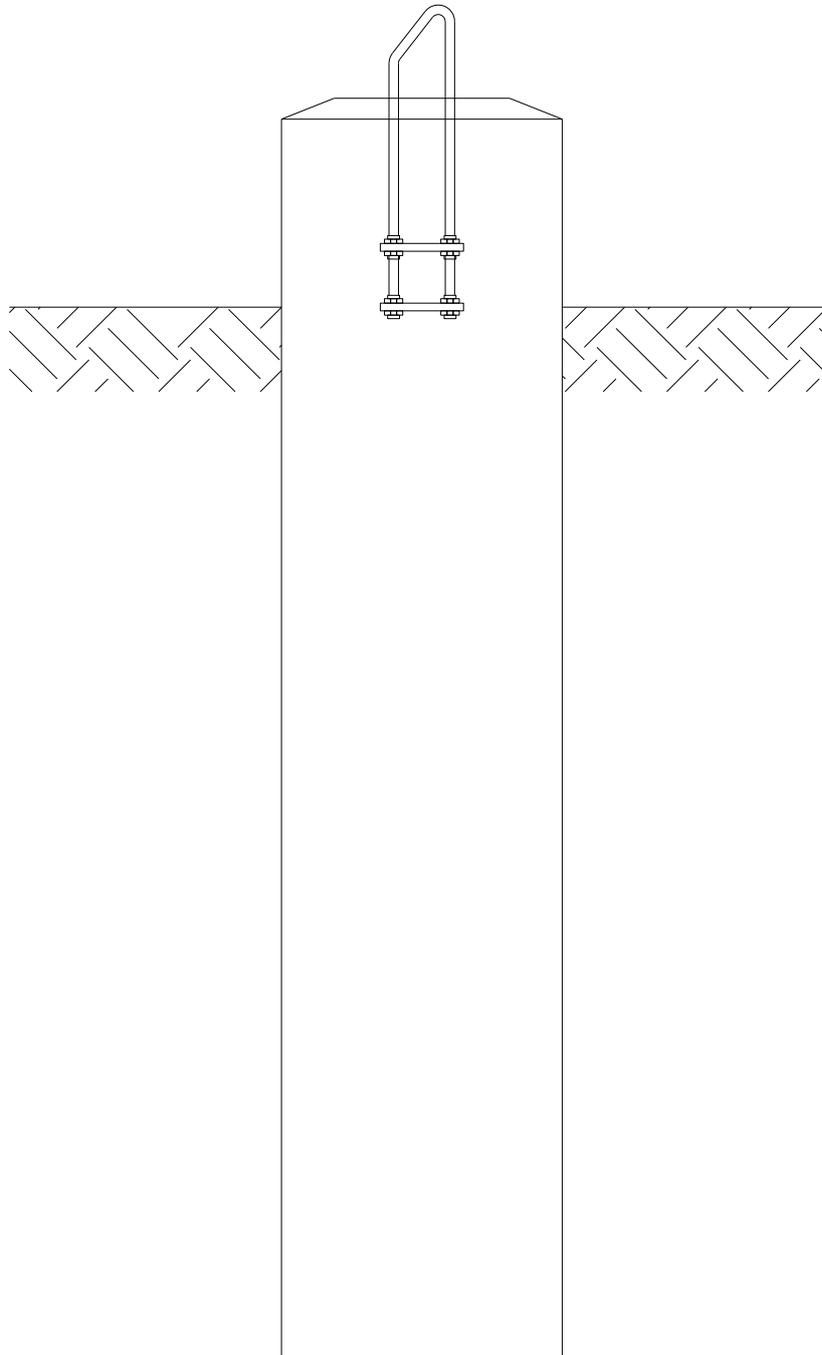
Tipo	Aplicação
PSES	Suspensão estaiada em alinhamento e ângulo até 1°
PSSL	Suspensão autoportante leve em alinhamento e ângulo até 1°
PSSP	Suspensão autoportante pesada em alinhamento e ângulo até 5°
PSST	Suspensão autoportante transposição em alinhamento e ângulo decorrente do giro das fases de até 4°
PSAA	Ancoragem em ângulo até 20°
PSAT	Ancoragem em ângulo até 60° e terminal em ângulo até 20°

6. REFERÊNCIAS

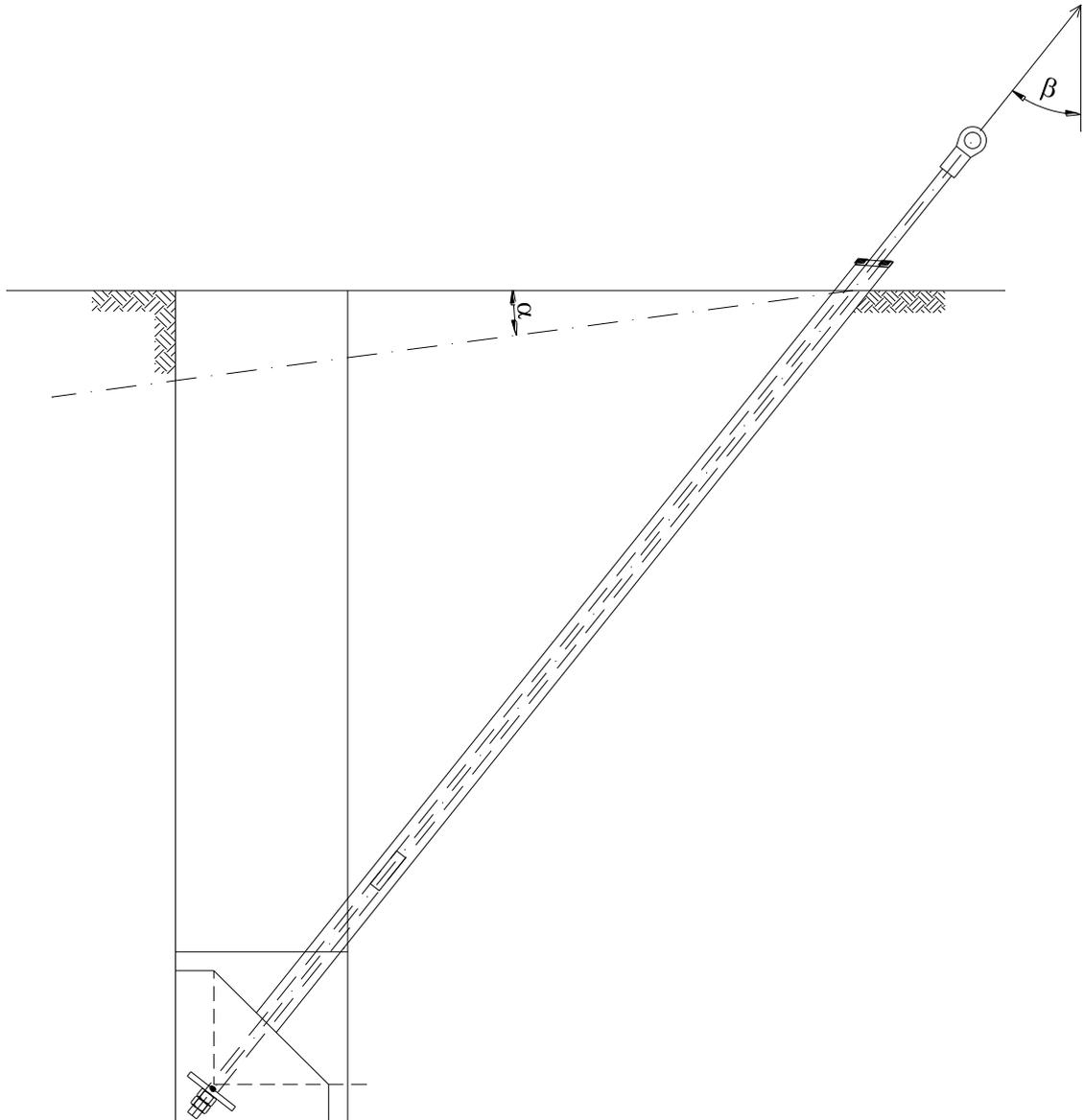
- 1 Earth manual, publicado pelo United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation.
- 2 Soil mechanics in engineering practice – Karl Terzaghi e Ralph B. Peck.
- 3 CIGRÉ 22-06/1968 – The use of soil mechanics methods for adapting tower foundations to soil conditions – J. Biarez e Y. Barraud.
- 4 Foundation analysis and design – Joseph E. Bowles.
- 5 Concreto armado – dimensionamento – Walter Pfeil.
- 6 Relatório SF01818-LT-GNLT-G-RE-0010 - SERIE DE ESTRUTURAS E CARREGAMENTO.

7. FIGURAS

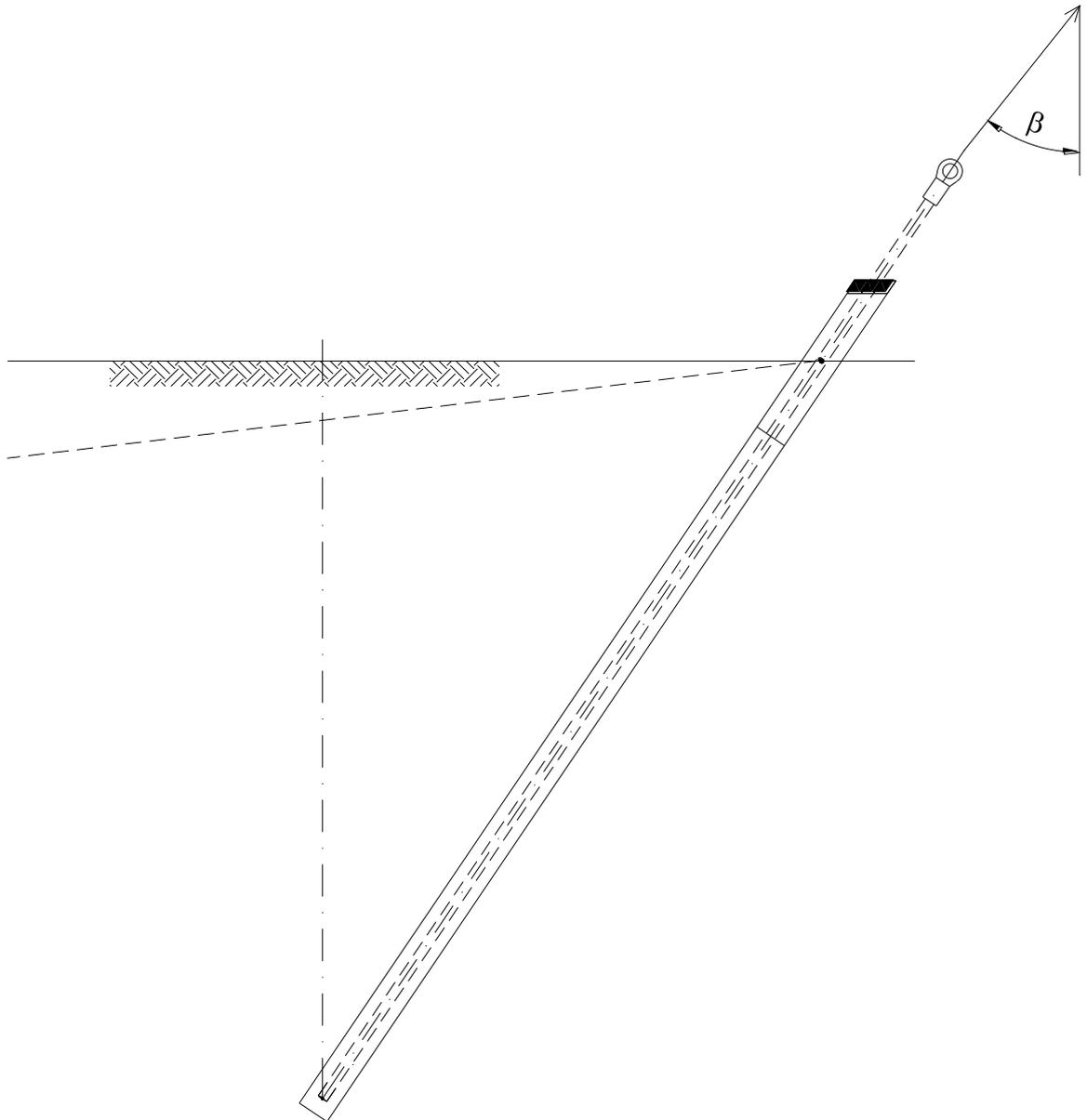
7.1 ESTAIADA – ESTAI



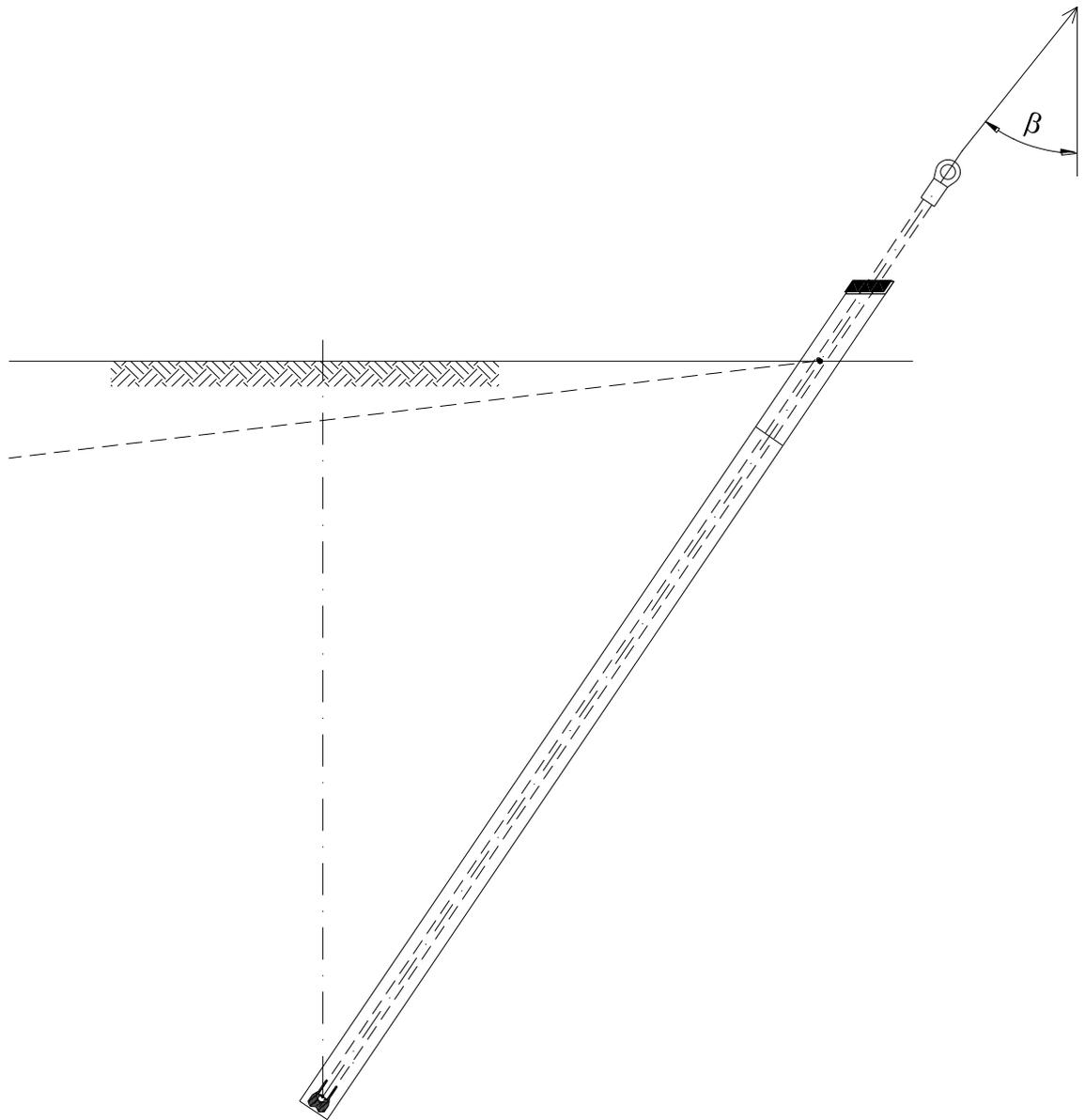
Fundação em tubo sem base alargada para os estais



Fundação em viga pré-moldada para os estais

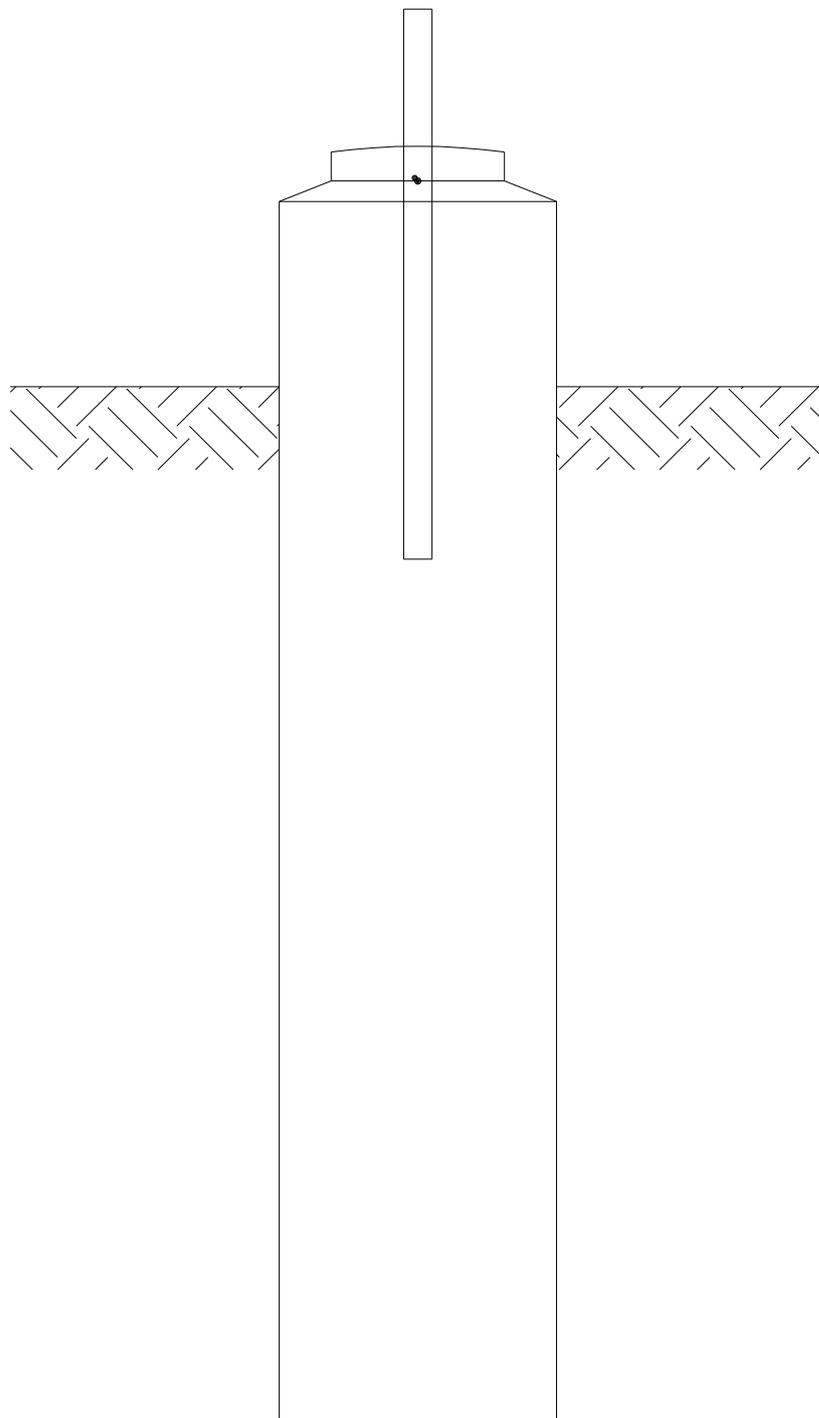


Fundação em barra ancorada sem tricône para os estais

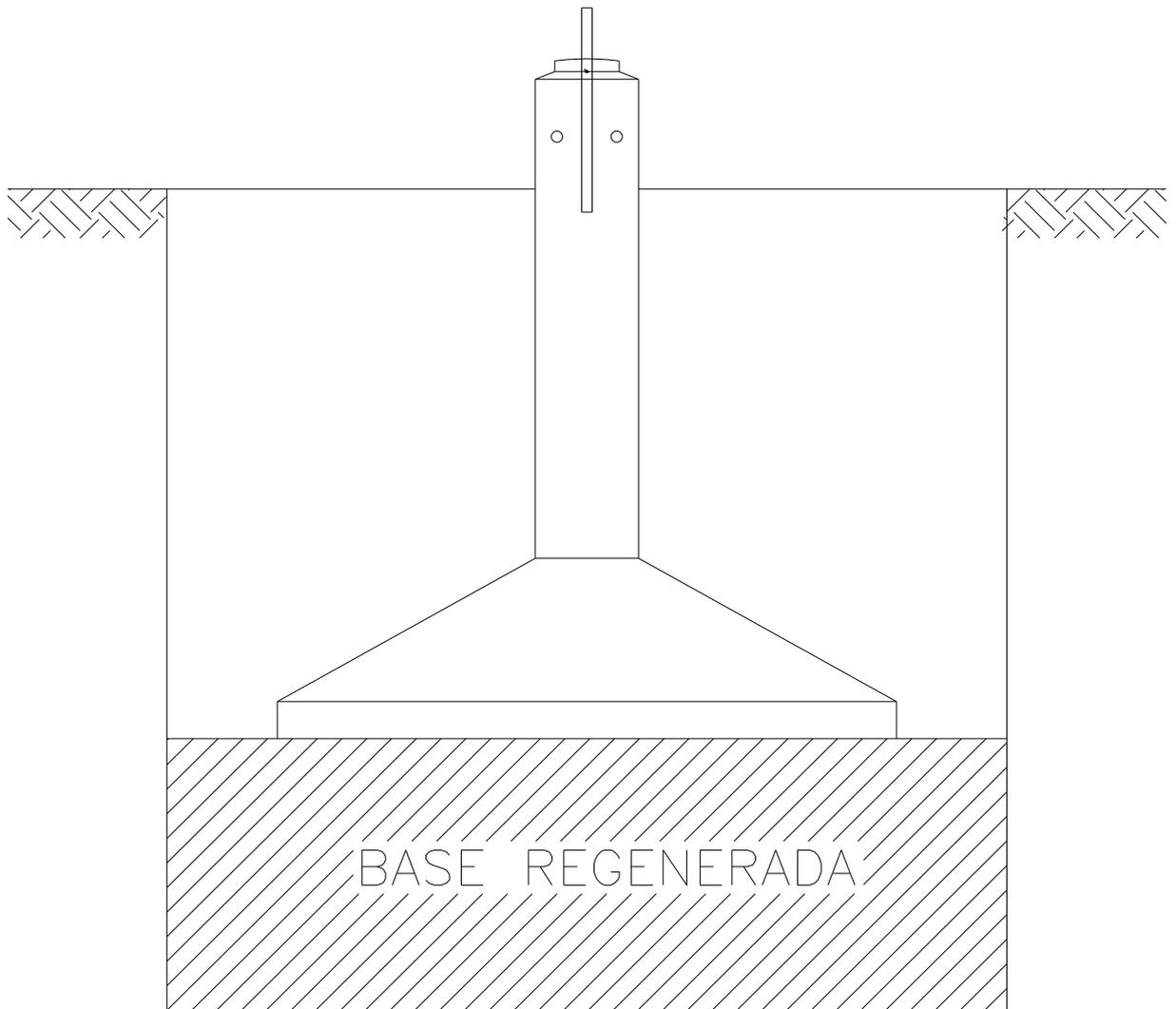


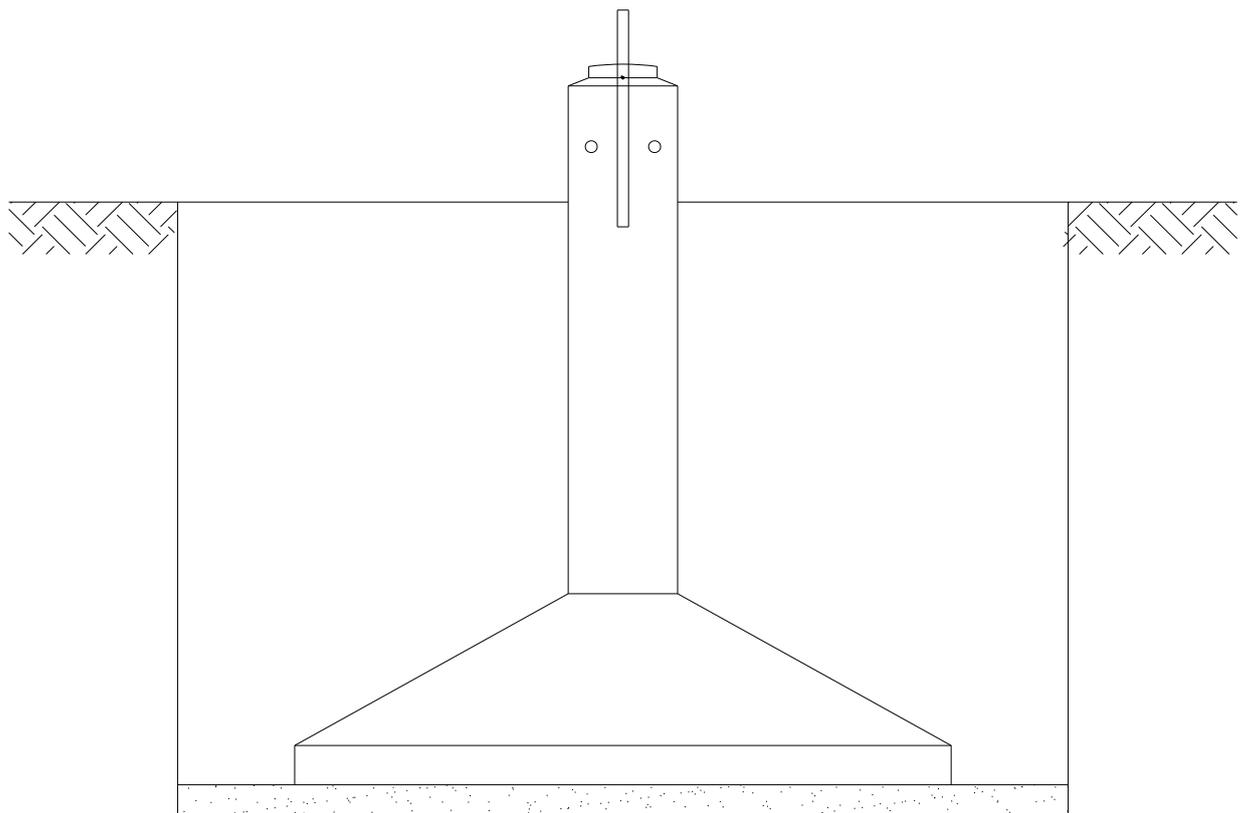
Fundação em barra ancorada com tricône para os estais

7.2 ESTAIADA – MASTRO

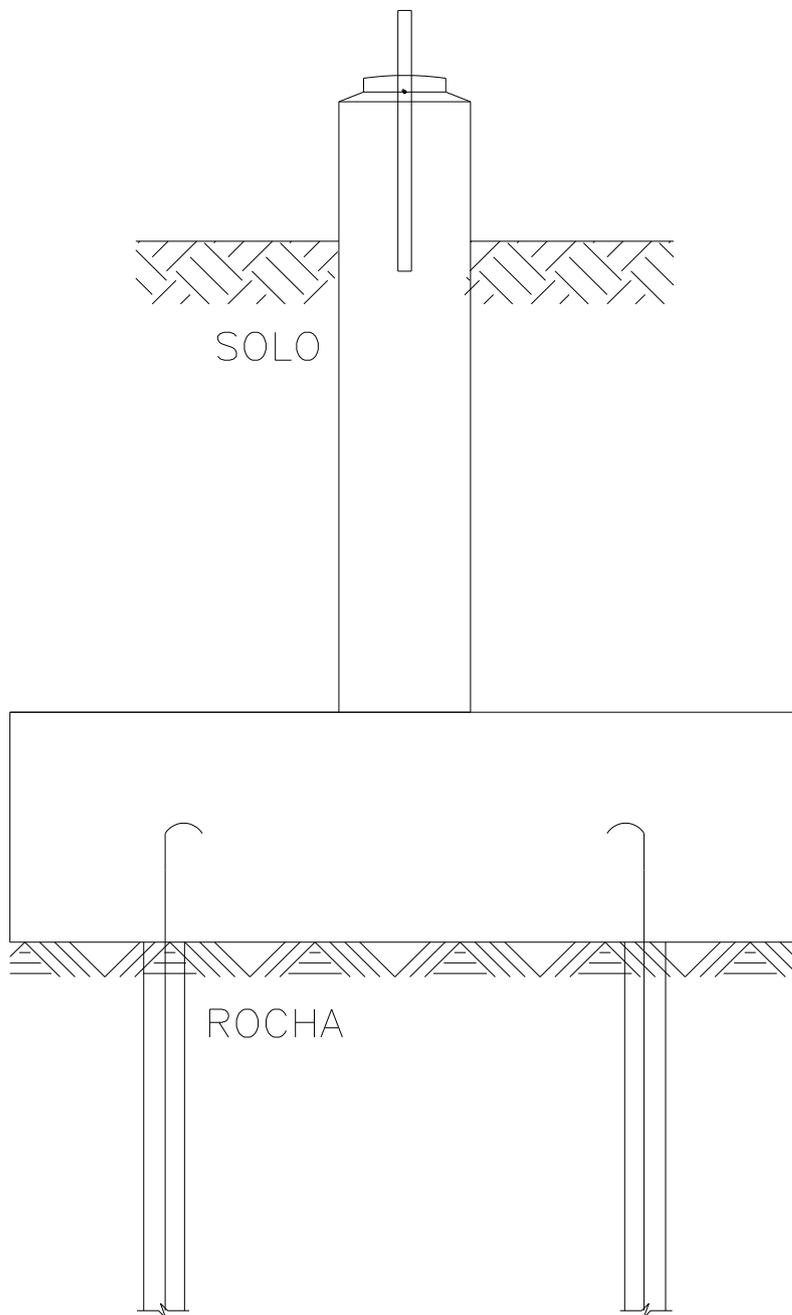


Fundação em tubo sem base alargada para o mastro



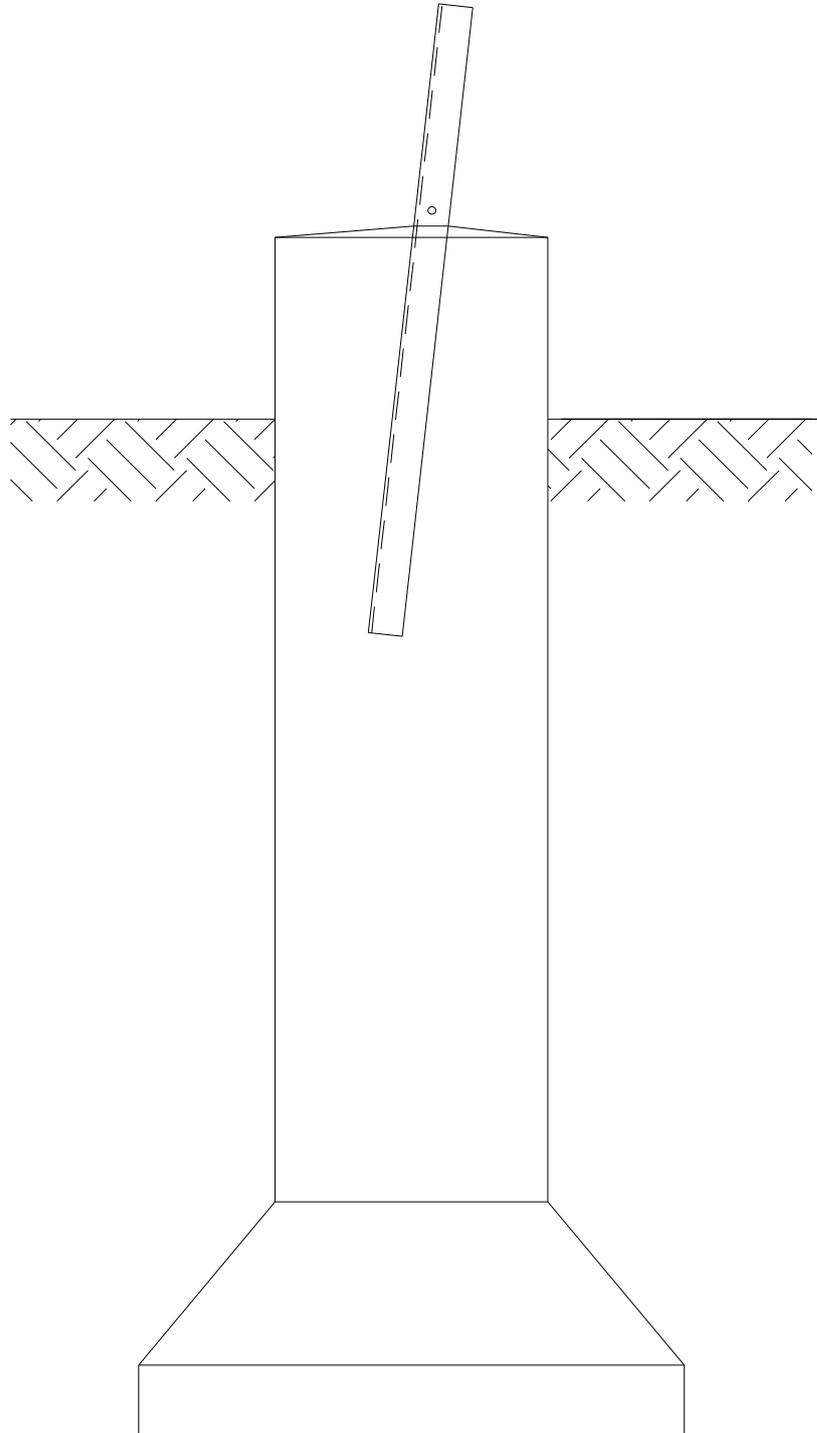


Fundação em sapata pré-moldada com placa pré-moldada para o mastro

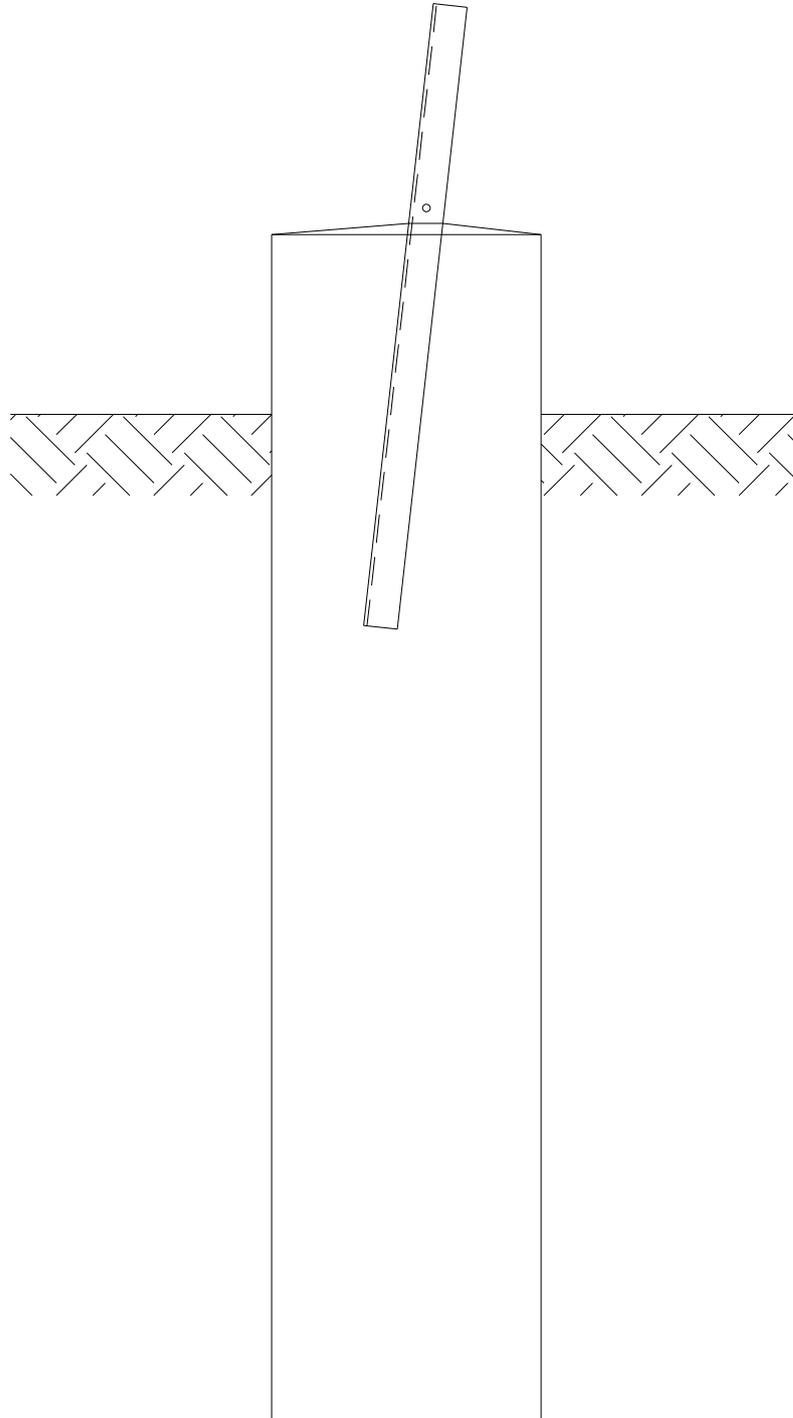


Fundação em bloco ancorado em rocha para o mastro

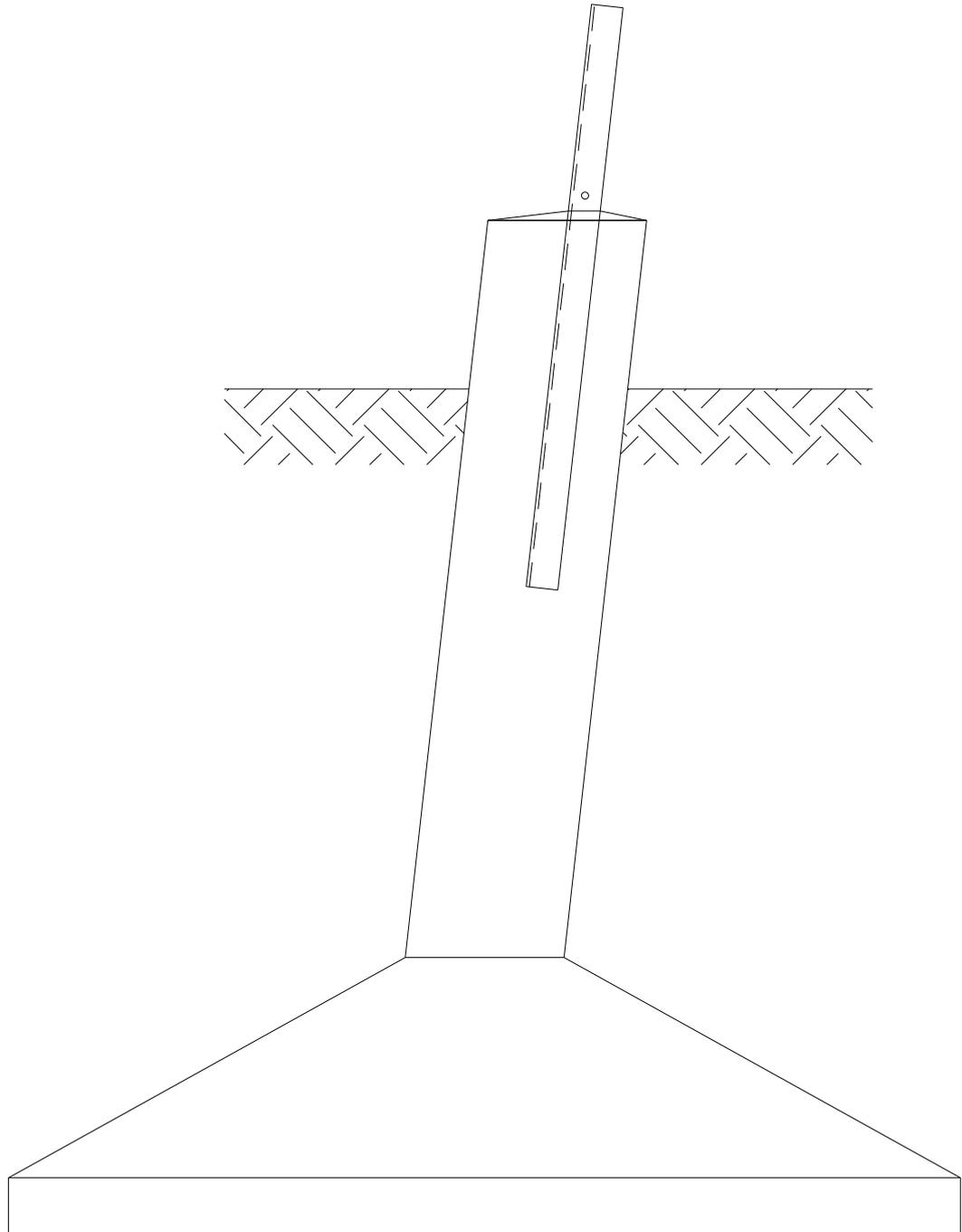
7.3 AUTOPORTANTES



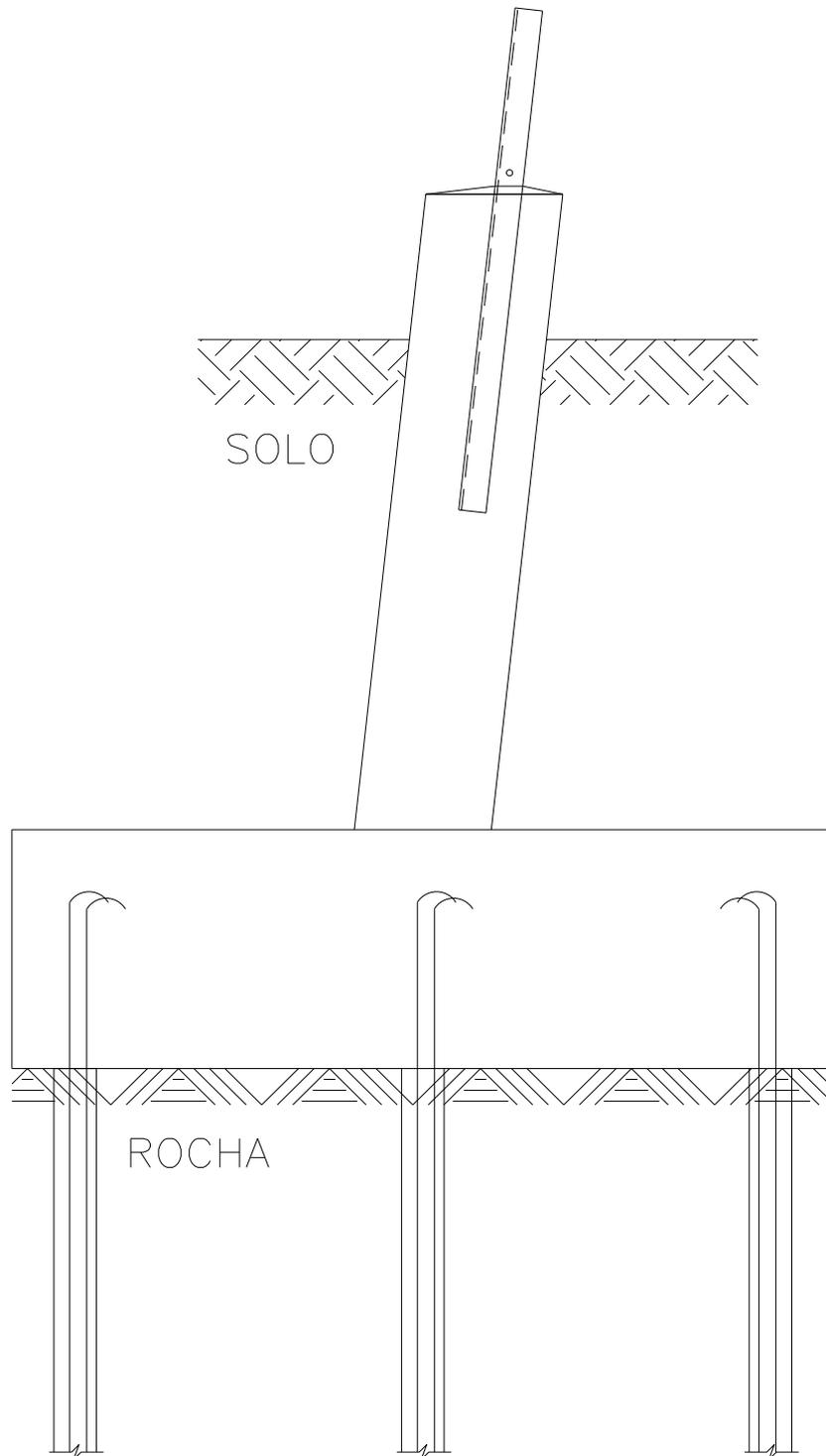
Fundação em tubulão com base alargada



Fundação em tubulão sem base alargada



Fundação em sapata



Fundação em bloco ancorado em rocha