

Nº	DESCRIÇÃO	REVISOR(ES)	APROVAÇÃO	DATA	
REVISÕES					
<div></div>					
EMISSÃO INICIAL		<div>SUBESTAÇÃO MARGEM DIREITA</div> <div>ENGENHARIA ELETROMECCÂNICA E ELETRÔNICA</div> <div>CAPÍTULO 02</div> <div>AQUISIÇÃO DE TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS DE FATURAMENTO 500kV</div> <div>TRANSFORMADOR DE CORRENTE 550kV</div>			
ÁREA RESPONSÁVEL					
EN.DT					
SUPERINTENDÊNCIA DE ENGENHARIA					
DIRETORIA TÉCNICA					
PROJETO/AUTORIA					
artetaro					
VERIFICAÇÃO					
ngiret/jacsonra					
APROVAÇÃO		ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			
rodricha / jrsilva					
DATA	CONTROLE DO EMITENTE	FORMATO	CÓDIGO DE ITAIPU	PÁGINA	REVISÃO
29/06/2022	-	A4	6462-20-15201-P	1	R0

RESUMO

1	INTRODUÇÃO.....	4
2	OBJETIVO.....	4
3	ESCOPO DO FORNECIMENTO	4
3.1	MATERIAIS E SERVIÇOS INCLUÍDOS NO FORNECIMENTO	4
3.2	MATERIAIS E SERVIÇOS NÃO INCLUÍDOS NO FORNECIMENTO	5
4	CRITÉRIOS TÉCNICOS	5
4.1	GERAL.....	5
4.2	CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	5
4.3	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	6
4.4	DETALHES CONSTRUTIVOS	8
4.4.1	Geral	8
4.4.2	Enrolamentos e núcleos	9
4.4.3	Sistema de compensação de volume de óleo isolante	9
4.4.4	Caixa de terminais.....	9
4.4.5	Corpo isolante.....	10
4.4.6	Óleo Isolante	11
4.5	REQUISITOS DIMENSIONAIS	11
4.6	COMPONENTES.....	13
4.6.1	Terminais e conectores de alta tensão.	13
4.6.2	Caixa comum de terminais de baixa tensão.....	13
4.7	FERRAMENTAS E DISPOSITIVOS ESPECIAIS.....	14
4.8	PEÇAS SOBRESSALENTE E FERRAMENTAS	15
4.9	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO	15
4.10	INSPEÇÃO EM FÁBRICA.....	16
4.10.1	Geral	16
4.10.2	Plano de Inspeção e Teste (PIT)	17
4.10.3	Testes de Tipo e Especiais.....	18
4.10.4	Testes no material do invólucro externo (housing)	19

4.10.5	Testes de Rotina.....	19
4.11	DOCUMENTOS A SEREM FORNECIDOS PELA CONTRATADA	21
4.11.1	Documentos técnicos básicos	21
4.11.2	Informações técnicas sobre o projeto dos TCs	22
4.12	EMBALAGEM, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE	22
5	LOCAL DE ENTREGA DO EQUIPAMENTO.....	23
6	PRAZOS DO FORNECIMENTO	23
7	REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES	23
8	ANEXOS	23
	ANEXO I – DESENHOS DIVERSOS.....	23

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a “Sistemática para o tratamento do Sistema de Medição de Energia para fins de faturamento”, da qual são signatárias a ANDE, ITAIPU e ELETROBRAS, cada empresa deve possuir um sistema independente de medição de energia elétrica para fins de faturamento, em todas as linhas de interligação.

Diante do exposto, e da recente Ampliação do Pátio 500kV da SEMD nas baias das LT 500kV SEMD-YGU 1, LT 500kV SEMD-YGU 2 e da LT 500kV SEMD-VH1, é proposta a aquisição de TC's de faturamento de 550kV que serão conectados ao sistema de medição e faturamento de ITAIPU.

2 OBJETIVO

O objetivo desta Especificação Técnica é fornecer informações e definir os requisitos de projeto, elaboração de documentação técnica, fabricação, testes e transporte para aquisição e fornecimento de 10 (dez) transformadores de corrente de faturamento de 550 kV/50 Hz com isolamento externo polimérico.

3 ESCOPO DO FORNECIMENTO

3.1 MATERIAIS E SERVIÇOS INCLUÍDOS NO FORNECIMENTO

- 10 (dez) transformadores de corrente de faturamento, 550 kV, 50Hz, isolamento papel-óleo, com invólucro polimérico, tipo coluna, para instalação à intempérie, compostos por um único enrolamento primário de 4000 A de corrente nominal, dois núcleos com enrolamentos secundários de 5 A de corrente nominal para uso em medição, completo com todos os seus componentes e acessórios, de acordo com o capítulo 4 desta Especificação.
- 3 (três) caixas comuns de terminais, contendo os bornes de conexão dos circuitos secundários dos Transformadores de Corrente, conforme item 4.6.2 desta especificação.
- 20 (vinte) unidades de conectores tipo reto condutores-placa, para ligação primária dos TCs, conforme item 4.6.1 desta especificação.
- 20 (vinte) unidades de conectores reto tipo aparafusado para ligação do aterramento do TC, conforme item 4.6.1 desta especificação.
- 10 (dez) bases metálicas de adaptação incluindo memória de cálculo de projeto, conforme item 4.5 (se necessário e/ou aplicável).
- 1 (um) conjunto de ferramentas e/ou dispositivos e acessórios especiais para instalação e manutenção dos transformadores de corrente, conforme item 4.7 desta Especificação;
- Materiais de reserva (peças sobressalentes), conforme item 4.8 desta Especificação;

- Documentos técnicos do fornecimento, de acordo com os requisitos do item 4.11 desta especificação.
- Inspeções e testes de fábrica dos TC, de acordo com os requisitos do item 4.10 desta especificação.
- Embalagem e transporte adequados, desde o local de fabricação até os depósitos da ITAIPU, conforme item 4.12 desta especificação.

3.2 MATERIAIS E SERVIÇOS NÃO INCLUÍDOS NO FORNECIMENTO

- Instalação e comissionamento de equipamentos;
- Interconexões elétricas com outros equipamentos, existentes ou fornecidos por terceiros;

4 CRITÉRIOS TÉCNICOS

4.1 GERAL

A disposição dos equipamentos e componentes deve permitir acesso e manipulação fácil para montagem e desmontagem, bem como para testes, manutenção e reparos.

Todos os equipamentos e componentes devem ser padronizados e os do mesmo tipo devem ser física e eletricamente permutáveis.

Todos os materiais, equipamentos e componentes devem ser novos e da melhor qualidade, sem defeitos, falhas ou imperfeições. Estes devem ser da classe e grau de proteção apropriados para sua aplicação, em conformidade com as boas práticas de engenharia mais recentes.

O projeto, fabricação e teste dos TCs deve estar de acordo com as versões mais recentes das normas IEC 61869-1 e IEC 61869-2.

4.2 CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Os TCs a serem fornecidos devem ser adequados para operar e suportar as condições ambientais descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições ambientais no local de instalação dos TCs

Clima	Subtropical
Precipitação média anual	1900 mm
Faixa de temperatura ambiente na região	-3 °C a +42 °C
Temperatura média diária não superior a	33 °C
Elevação sobre o nível do mar	< 1000 m

	AQUISIÇÃO DE TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS DE FATURAMENTO 500kV
	TRANSFORMADOR DE CORRENTE 550kV

EN.DT

Velocidade máxima do vento	172 km/h
Grau de poluição	Nível III
Densidade de descargas atmosféricas	10 descargas/km ² (100 dias/ano)
Radiação solar máxima	520 W/m ²

4.3 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Os TCs devem possuir as características descritas na Tabela 2, que devem ser consideradas como requisitos mínimos.

Tabela 2 – Características técnicas mínimas

Tipo	Utilização em subestação externa, isolamento papel-óleo, com invólucro polimérico.
Tensão máxima de serviço (valor eficaz, fase-fase)	550 kV
Frequência nominal	50 Hz
Corrente nominal primária (valor eficaz)	4000 A
Corrente nominal secundária (valor eficaz)	5 A
Corrente térmica nominal contínua	120% da corrente nominal primária
Número de núcleos com enrolamentos secundários	2 para medição
Razões de transformação (secundários de medição)	4000/3000/2000 - 5
Tipo de aterramento do sistema	Neutro solidamente aterrado
Fator de segurança (índice de saturação) para medição secundária	≤ 5
Corrente dinâmica nominal (valor de pico)	125 kA
Corrente térmica nominal de curta duração (valor eficaz, 3 segundos)	50 kA
Classe de exatidão para secundários de medição	0,2

Níveis nominais de isolamento fase-terra do terminal primário: * <ul style="list-style-type: none"> - Tensão nominal suportável de impulso atmosférico (BIL - valor de pico) - Tensão nominal suportável de impulso de manobra, seco e sob chuva (SIL – valor de pico) - Tensão nominal suportável na frequência industrial, seco, por 1 minuto (valor eficaz RMS) 	1800 kV 1300 kV 800 kV
Nível nominal de isolamento fase-terra e entre enrolamentos do lado de baixa tensão, a frequência industrial, por 1 minuto (valor eficaz RMS)	3 kV
Nível máximo para emissão de rádio-interferência (RIV) a $1,1 \times U_m / \sqrt{3}$ [kV] aplicado (valor eficaz RMS, fase-terra)	2500 μ V
Distância mínima da linha de fuga	13750 mm
Carga nominal para secundários de medição (para todas as relações)	50 VA
Nível máximo de descarga parcial com tensão de $1,2 \times U_m / \sqrt{3}$ [kV] aplicada (valor eficaz RMS, fase-terra)	5pC
Resistência mecânica mínima no terminal primário: <ul style="list-style-type: none"> - Carga estática suportável (qualquer direção) - Carga dinâmica suportável (qualquer direção) 	4500 N 6300 N
Cor e material do isolamento	cinza / borracha de silicone

* Os procedimentos para testes de impulso devem seguir a norma IEC 60060-1; e a norma IEC 61869-2 deve ser observada.

4.4 DETALHES CONSTRUTIVOS

4.4.1 Geral

Os TCs devem ser hermeticamente fechados, autoportantes, montados verticalmente, e adequados para instalação à intempérie em uma base elevada tipo pedestal de metal ou de concreto armado existente.

Os TCs devem ser do tipo *top core*, com cabeça em material metálico (preferencialmente alumínio fundido ou liga de alumínio), com o menor número possível de juntas soldadas e/ou junções, que dispensam o uso de pintura e garantem resistência à corrosão. Caso seja necessário algum tratamento de superfície, este deve ser do tipo galvanizado a fogo, conforme ISO 1461, com uma camada de espessura mínima de 75 µm.

É desejável que o TC seja projetado para dissipar, por ruptura na cabeça metálica, qualquer sobrepressão gerada por falhas internas (por exemplo, curto-circuito de isolamento), de forma que eventuais fragmentos, chamas, gases e óleo superaquecido são liberados para cima e, assim, mitigar os riscos aos equipamentos adjacentes e às pessoas no entorno.

O TC deve possuir tap exclusivo para medição da tangente delta, que permite avaliação periódica das condições internas do isolamento. Este tap deve ter uma conexão de terra removível e uma placa indelével indicando que o tap deve permanecer conectado à terra quando o TC for energizado. Além disso, o tap também deve ser feito de material resistente a intempéries e ao óleo, mantendo a estanqueidade do equipamento em qualquer condição.

Todos os parafusos, porcas e arruelas devem ser feitos de metal resistente à ferrugem.

Os TCs devem possuir dispositivos do tipo olhal, instalados no corpo do equipamento para facilitar o içado.

Os TCs também devem ser dotados de uma válvula em sua base para drenagem do óleo isolante, que permita a extração de amostras para análises físico-químicas e cromatográficas ou ainda o esvaziamento e/ou enchimento do equipamento. Não serão aceitos modelos de válvulas que utilizem dispositivos do tipo septo, que necessitem da inserção de agulhas/pinos para liberação do fluxo de óleo. A válvula deve ser de metal inoxidável, com vedações resistentes a óleo e com tampa protetora facilmente removível para evitar acúmulo de poeira e sujeira.

Os valores máximos de gradientes elétricos adotados no projeto de isolamento dos TCs fornecidos devem ser adequados para uma vida útil projetada de no mínimo 30 anos. Devem ser adotados critérios de projeto para o dimensionamento do isolamento que garantam valores de gradientes elétricos em condições de regime permanente de operação, tensão aplicada a 50Hz e sobretensões decorrentes de manobras e

impulso atmosférico, que sejam compatíveis com as garantias de vida útil esperada e com as boas práticas de engenharia.

4.4.2 Enrolamentos e núcleos

As bobinas dos enrolamentos devem ser montadas, buscando minimizar os fluxos magnéticos parasitas.

A bobina primária terá um único enrolamento e não deve permitir conexões série-paralelo.

As polaridades de todos os enrolamentos devem ser claramente identificadas no transformador e nos diagramas das placas de identificação.

4.4.3 Sistema de compensação de volume de óleo isolante

A parte superior do transformador de corrente, acima da cabeça, deverá conter um compensador de volume de óleo isolante de aço inoxidável, provido de indicador de nível de óleo. O compensador deve ser dotado de meios que permitam tanto a reposição do óleo, como a sua pronta e fácil substituição em caso de avaria, devendo ainda ser protegido por um domo em material metálico resistente à corrosão/oxidação. O domo deve possuir visor transparente que permita a visualização do indicador de nível de óleo da câmara de expansão, e o material utilizado deve ser resistente às intempéries e, principalmente, à radiação solar.

Não serão aceitos transformadores de corrente com sistema de compensação de volume de óleo isolante que utilize colchão de gás inerte.

As juntas de vedação aplicadas no compensador de óleo e/ou domo devem possuir qualidades físicas e químicas adequadas para resistir a qualquer tipo de corrosão devido ao contato com óleo isolante ou qualquer outro tipo de agente externo. As juntas devem ser de elastômero resistente à ação do óleo quente a uma temperatura de 105°C e à ação da umidade e dos raios solares.

4.4.4 Caixa de terminais

A caixa de terminais de cada transformador de corrente deve ser de construção mecânica robusta, adequada para instalação à intempérie, provida de juntas para impedir a entrada de poeira e água, com classe de proteção mínima IP64 de acordo com a norma IEC60529, provida de tampa frontal com meio de instalação de lacre de vedação.

A caixa de terminais deve ser provida de placa removível na parte inferior para passagem dos eletrodutos e deve possuir meios para instalação de lacre na tampa ou porta frontal. Todas as partes metálicas da caixa de terminais devem ser de material inox ou possuir proteção anticorrosiva do tipo galvanização a fogo, conforme norma ISO 1461, com espessura mínima de camada de 75 µm.

A caixa de terminais deve possuir bornes apropriados para a ligação dos circuitos secundários do transformador de corrente, ou seja, a régua de bornes deve permitir a conexão de instrumentos de medição, bem como permitir curto-circuitar e isolar os circuitos secundários. As régua de bornes devem ser montadas em trilhos ou suportes e fornecidas com todos os acessórios, espaçadores e suportes laterais.

Os bornes das régua de bornes devem ter isolamento classe 600V e serem adequados para a ligação de cabos de cobre até 6 mm² com terminal tipo olhal ou similar, para garantir a segurança dos circuitos de corrente. Os bornes de conexão de aterramento devem ser adequados para conectar cabos de cobre de até 10 mm².

As vedações eventualmente existentes devem possuir propriedades físicas e químicas adequadas para resistir a qualquer degradação causada pelo contato com agentes externos, incluindo umidade e luz solar.

Cada enrolamento secundário deve possuir um gap, fixado nos terminais secundários extremos (maior relação de transformação), com o intuito de minimizar os riscos devido a possíveis sobretensões. O entreferro deve ser ajustável, e tal ajuste deve ser recomendado pelo fabricante.

4.4.5 Corpo isolante

O material que compõe o corpo isolante da coluna do transformador de corrente deve ser do tipo FRP (Fiber Reinforced Plastic), atendendo aos requisitos especificados na versão mais recente da norma IEC 61462 em sua versão mais recente.

O revestimento externo (housing) da coluna, que envolve o material composto FRP, deve ser feito de borracha de silicone (Polissiloxano Metil Vinil com aditivos) tipo HTV (High Temperature Vulcanising), cor cinza, livre de EPDM (Etileno Pireno Termolyne tipo M) e outras borrachas orgânicas, atendendo à norma IEC 62217 em sua versão mais recente, sendo resistentes à formação de caminhos de descarga superficial de banda seca, à erosão elétrica, às radiações ultravioletas, aos efeitos do ozônio e das descargas de corona. Deve ter uma resistência ao rasgo superior a 8 N/m segundo a norma ISO 34-1, com uma força de adesão na interface com o corpo isolante superior ao valor da resistência ao rasgo. Também deve ter alta hidrofobicidade, classificado como tipo HC1 de acordo com a norma IEC TS 62073 em sua versão mais recente.

A borracha de silicone deve resistir a um arco elétrico de baixa intensidade por mais de 180 segundos nas condições indicadas na norma IEC 61621. Deve também ser resistente à chama, sendo classificada como tipo V-0 de acordo com a norma IEC 60695-11-10 ou ter LOI (Limiting Oxygen Index) maior que 25% de acordo com a norma ASTM D2863.

A coluna isolante deve ser construída em corpo único, sem junções ou flanges intermediários. O revestimento externo de borracha de silicone deve garantir proteção total ao corpo isolante composto em termos de entrada de umidade, o projeto e formato das aletas devem ser projetados de forma a atender no

mínimo a distância da linha de fuga indicada no item 4.3. Os flanges devem ser fixados diretamente nas extremidades do corpo isolante, em material metálico inoxidável ou galvanizados à fogo conforme ISO 1461, com espessura de camada mínima de 75 µm.

4.4.6 Óleo Isolante

O óleo utilizado no transformador de corrente deve ser nafténico do tipo A, novo, adequado para utilização em equipamentos de alta tensão, e deve satisfazer as características de referência indicadas na última versão da norma IEC 60296. A conformidade com as características indicadas na norma supracitada deve ser atestada por um certificado de análise e de origem fornecido pelo fabricante e/ou fornecedor do lote de óleo utilizado, em especial os seguintes requisitos devem ser explicitamente atestados

- Ausência de DBDS, medida pelo método IEC 62697-1;
- Ausência de PCB, medida pelo método IEC 61619;
- Ausência de enxofre corrosivo ou potencialmente corrosivo, medida pelos métodos IEC 62535 e DIN 51353.

Durante os ensaios de aceitação na fábrica (TAF), em conformidade com a norma IEC 61869-2, devem ser efectuadas análises físico-químicas do óleo mineral isolante da unidade electromagnética, que devem cumprir os requisitos da última versão da norma IEC 60422. Em particular, devem ser verificados os seguintes requisitos

- Rigidez dieléctrica mínima (medida pelo método IEC 60156): $\geq 70\text{kV}$;
- Concentração máxima de água a 20°C (medida pelo método IEC 60814): $\leq 10\text{ppm}$;

Ainda de acordo com a norma IEC 61869-5, a análise de gases dissolvidos no óleo (DGA - Gas Dissolved Analysis) deve ser efectuada de acordo com as normas IEC 60475 (amostragem) e IEC 60567 (análise, nomeadamente pelo método Headspace), nas suas versões mais recentes. Como alternativa à IEC 60567, pode ser utilizado o método C da ASTM D3612 para análise de DGA.

A ITAIPU deve verificar a qualidade do óleo, podendo rejeitá-lo caso não atenda aos requisitos desta especificação. Não é permitido qualquer vazamento de óleo em toda a faixa de temperatura especificada.

4.5 REQUISITOS DIMENSIONAIS

Os transformadores de corrente objeto desta Especificação serão instalados sobre bases de concreto armado existentes nos vãos das LT 550kV SEMD-YGU 1, LT 550kV SEMD-YGU 2 e LT 550kV SEMD-VH1 em substituição aos isoladores de pedestal de 550kV que atualmente estão operando na Subestação da Margem Direita, portanto, as bases existentes (tipo pedestal de concreto) e os condutores primários (barras

ou linhas de alta tensão) devem ser reaproveitados, havendo distâncias máximas e mínimas que limitam o espaço físico para a instalação dos novos equipamentos a serem adquiridos (ver Figura 1).

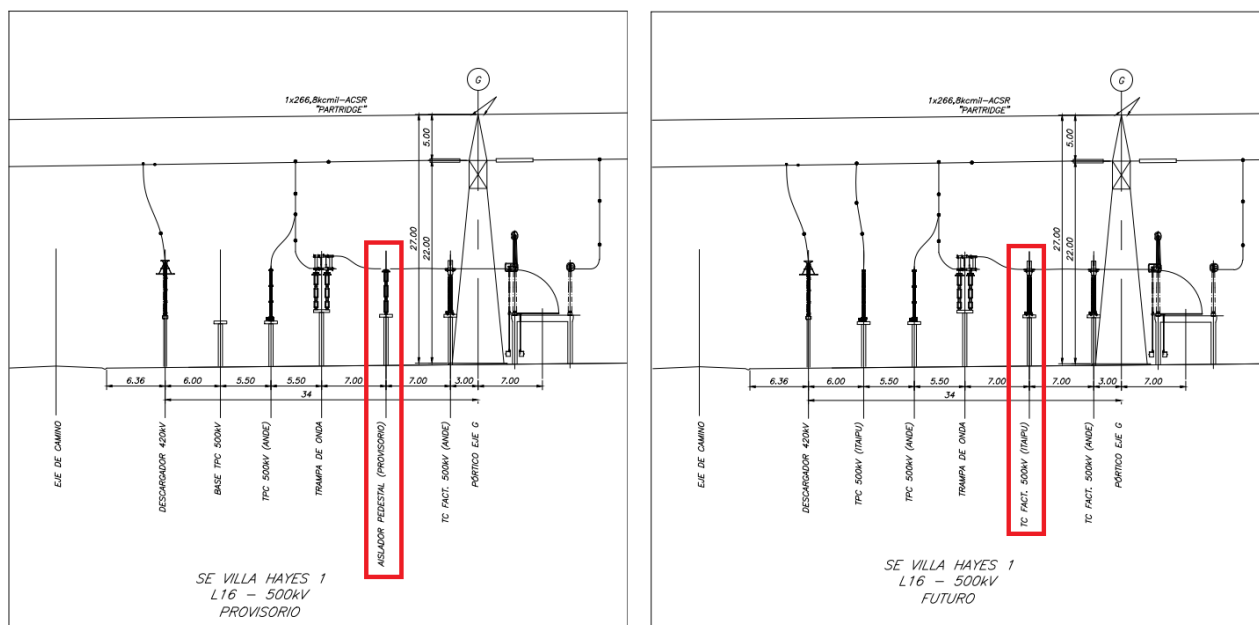


Figura 1 – Isolador provisório de pedestal existente (imagem à esquerda) e sua substituição pelo TC de faturamento de 550 kV (imagem à direita) e interligação com equipamentos adjacentes

Em razão do exposto, os transformadores de corrente objeto desta Especificação devem estar em conformidade com às seguintes características dimensionais:

- O terminal primário dos TCs deve ter altura entre 4980 a 5060 mm desde a parte inferior da base até a extremidade superior do terminal primário do TC;
- As bases dos TCs devem possuir furos em sua face inferior, para fixação aos pedestais de concreto através da utilização de parafusos, respeitando os aspectos dimensionais indicados na Figura 2;
- A distância mínima entre o centro da base do TC e o centro da placa removível para entrada dos eletrodutos na caixa de terminais deve ser maior ou igual a 400mm.
- Caso os TCs fornecidos não possuam base com as dimensões dos furos descritos acima e/ou não atinjam a altura mínima de 4980 mm, a CONTRATADA deverá elaborar o projeto de fabricação (memória de cálculo de esforços mecânicos) e fornecer uma base metálica de adaptação que permita a fixação dos TCs às bases de concreto existentes. Esta sub-base deve ser de metal inoxidável ou ter proteção anticorrosiva através da utilização de galvanização a

fogo de acordo com a norma ISO 1461, com espessura mínima de camada de 75 μ m, e deve suportar os esforços mecânicos aplicados ao TC.

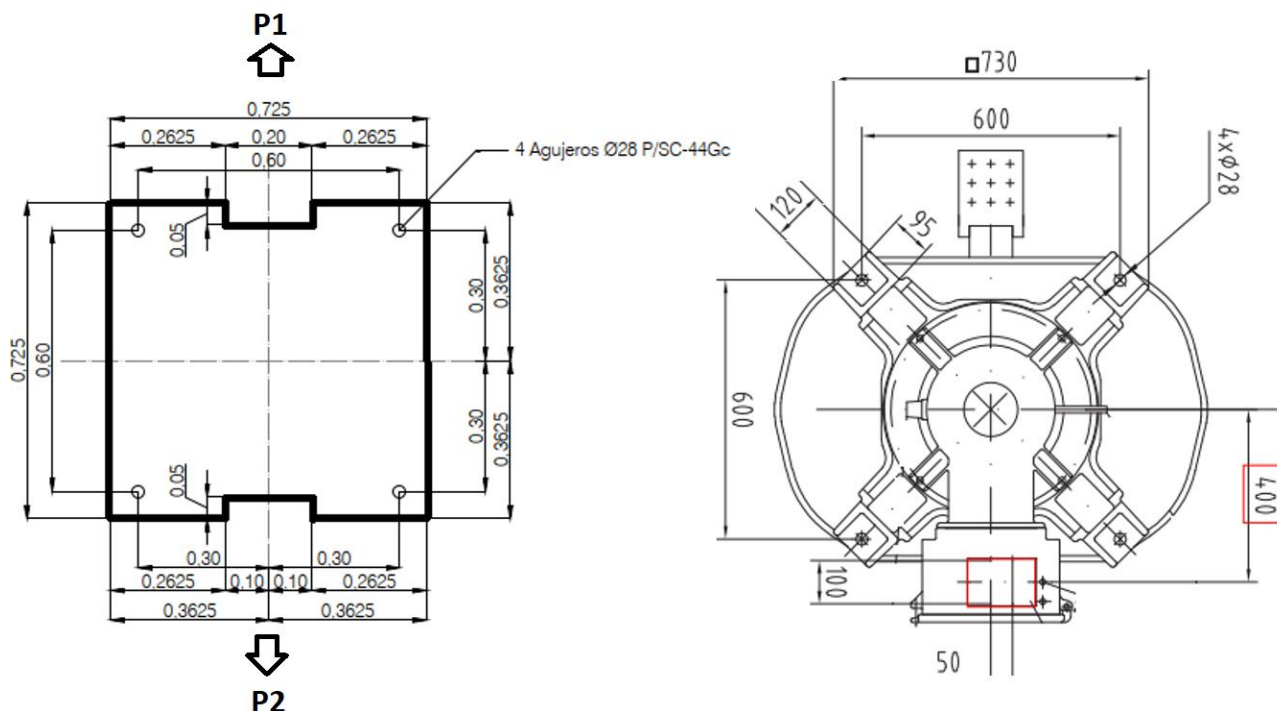


Figura 2 – Detalhes da base do TC (esquerda) e pedestal do TC (direita)

4.6 COMPONENTES

4.6.1 Terminais e conectores de alta tensão.

Os TCs devem ser fornecidos com pelo menos os seguintes componentes, que devem ser idênticos para todos os transformadores:

- 20 (vinte) unidades de conector reto condutor-terminal placa, para 2 condutores AAC 4000 MCM espaçados 457mm e terminal placa com 8 furos NEMA ($\varnothing$ 14mm, espaçados 44,5mm), corrente nominal de 4000 A, 500 kV, tipo anti-corona, feito de liga de alumínio, tipo aparafusado, conforme indicado no desenho 6468-DF-G3300-P (FL.18). Ver anexos.
- 20 (vinte) unidades de conectores de aterramento tipo reto, fabricados em bronze, tipo aparafusado, com dois furos de $\varnothing$ 14 mm espaçados a 60 mm, para cabo de cobre nu, seção 240 mm².

4.6.2 Caixa comum de terminais de baixa tensão

Para cada conjunto de três Transformadores de Corrente, a CONTRATADA deverá fornecer uma caixa metálica comum para os terminais dos enrolamentos secundários dos três polos, que será montada e

	AQUISIÇÃO DE TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS DE FATURAMENTO 500kV
EN.DT	TRANSFORMADOR DE CORRENTE 550kV

fixada na estrutura de suporte do Transformador de Corrente da fase ou polo central, para a conexão da fiação dos enrolamentos secundários dos TCs aos medidores de faturamento.

A caixa comum de terminais deve ser metálica com construção mecânica robusta, própria para uso à intempérie, provida de guarnições que impeçam a entrada de poeira e água, conforme classe de proteção IP54 (norma IEC 144). A porta deve possuir olhal para instalação de lacre de segurança. Na parte posterior, deve possuir meios de fixação à estrutura de suporte sem comprometer o grau de fechamento IP especificado.

A caixa comum de terminais pode ser de aço inoxidável AISI 304 ou possuir proteção anticorrosiva através da utilização de galvanizado a fogo conforme ISO 1461 com camada mínima de 75 μm de espessura.

A caixa comum de terminais deve ser provida de placa removível na parte inferior para passagem de eletrodutos, e terminal de aterramento adequado para ligação a cabo de cobre nu de 70 mm^2 .

A caixa comum de terminais deve ser provida de bornes para terminais do tipo olhal adequados para a ligação dos circuitos secundários de transformadores de corrente, devem ter classe de isolamento de 600 V, e serem adequados para cabos de cobre de 6 mm^2 . Os bornes de aterramento devem ser adequados para conexão com cabos de cobre de 10 mm^2 .

A caixa comum de terminais deve ser provida com resistência de aquecimento dimensionada adequadamente para evitar a condensação de umidade.

Os terminais, resistência de aquecimento, termostato, disjuntores termomagnéticos e componentes devem ser montados em trilhos ou suportes e fornecidos com todos os seus acessórios, espaçadores e suportes laterais.

4.7 FERRAMENTAS E DISPOSITIVOS ESPECIAIS

A CONTRATADA deverá fornecer 2 (dois) dispositivos completos para extração de óleo isolante para análises físico-químicas e cromatográficas, compostos por mangueiras, válvulas, conexões, seringas de vidro (capacidade mínima 50 ml) e ferramentas, compatíveis com o sistema de drenagem (vide item 4.4 .1) existente nos TCs oferecidos. Esses dispositivos devem ser entregues em malas exclusivas e próprias para transporte, resistentes a impactos e vibrações, de forma a preservar a integridade das peças e componentes, principalmente as seringas de vidro.

A CONTRATADA deverá também fornecer (se aplicável) 1 (um) dispositivo completo para drenagem e enchimento de óleo isolante, a ser acoplado no sistema de compensação de volume, conforme item 4.4.3, a fim de possibilitar eventual substituição da câmara de expansão metálica. Esses dispositivos devem ser entregues em malas exclusivas próprias para transporte, resistentes a impactos e vibrações de forma a preservar a integridade das peças e componentes.

A CONTRATADA é obrigada a fornecer outras ferramentas e dispositivos especiais que se façam necessários para o manuseio, transporte e manutenção dos TCs, devido às suas características e particularidades.

4.8 PEÇAS SOBRESSALENTES E FERRAMENTAS

A CONTRATADA deverá incluir os seguintes itens no conjunto de peças sobressalentes a serem fornecidos:

- Dispositivos especiais para montagem, içamento e manutenção do TC, bem como conexões para manuseio (se aplicável).
- 01 (um) conjunto completo do sistema de expansão, contendo câmara de expansão, domo, indicador de nível, conexões e vedações aplicáveis, conforme item 4.4.3 desta especificação.
- 01 (um) dispositivo especial para manuseio e/ou coleta de amostras de óleo isolante (mangueira, válvulas, seringa de vidro, ferramentas especiais, etc.) compatíveis com a válvula de drenagem existente para retirada de óleo isolante para análise. Esses dispositivos devem ser embalados em estojos exclusivos, próprios para transporte, resistentes a impactos e vibrações, de forma a preservar a integridade das peças e componentes, principalmente as seringas de vidro.

Para os materiais de reserva (peças sobressalentes) que não podem ser individualizados e, portanto, só podem ser identificados de forma conjunta, como kits, conjuntos, jogos ou outros, deve ser fornecida uma descrição completa de todos os elementos que compõem este item global, de acordo com o modelo básico de referência (este requisito também se aplica aos materiais fornecidos de acordo com o item 4.7 desta Especificação).

A CONTRATADA deverá garantir o fornecimento de materiais de reserva (peças sobressalentes) para futuras aquisições por no mínimo 10 anos.

4.9 PLACA DE IDENTIFICAÇÃO

Cada um dos TCs deve ser fornecido com uma placa de identificação individual, feita de aço inoxidável com escrita indelével, fixada em local facilmente visível, contendo pelo menos as seguintes informações escritas em espanhol:

- A designação “TRANSFORMADOR DE CORRENTE / TRANSFORMADOR DE CORRIENTE”;
- Nome e/ou logotipo do fabricante e seu endereço;
- Tipo e número de designação do fabricante;
- Número de série;

- Número do manual de instruções;
- Tensão nominal máxima (valor eficaz RMS em kV);
- Níveis de isolamento (BSL e BIL – valor de pico em kV);
- Frequência nominal (Hz);
- Classe de exatidão e carga de cada enrolamento;
- Relação entre primário e secundário para cada enrolamento e tap;
- Corrente(s) primária(s) e secundária(s) nominal(is);
- Corrente suportável nominal de curta duração (3 segundos, valor eficaz em kA);
- Corrente dinâmica nominal (kA, valor de pico);
- Massa total
- Massa e volume total de óleo isolante;
- Tipo e fabricante do óleo isolante;
- Ano de fabricação;
- Número e item do contrato com ITAIPU;
- Diagramas elétricos internos do TC com indicação dos taps disponíveis nos enrolamentos.

4.10 INSPEÇÃO EM FÁBRICA

4.10.1 Geral

Para este fornecimento, será adotada a inspeção “classe 2”, conforme documento Condições Gerais de Inspeção (CGI), ou seja, inspeção técnica final, com o produto acabado, nas instalações da CONTRATADA ou de seu SUB-CONTRATADA, conforme o Plano de Inspeção e Testes (PIT).

A fabricação, os ensaios, a documentação e o fornecimento devem atender a todos os requisitos estabelecidos nesta Especificação e nas normas técnicas nela referidas.

Os testes devem ser realizados para demonstrar a correta conformidade dos TCs com os requisitos mínimos exigidos nesta Especificação e nas normas técnicas. A CONTRATADA poderá propor testes adicionais de acordo com sua experiência, os quais deverão ser aprovados pela ITAIPU.

Os métodos de teste para os TCs devem seguir os procedimentos estabelecidos nas normas IEC.

A CONTRATADA deverá apresentar os certificados de calibração dos instrumentos de medição utilizados nos testes de tipo, de rotina e especiais, com o respectivo atestado de qualificação do laboratório

onde foram realizadas as calibrações. Especialmente para os ensaios de exatidão, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- Todas as calibrações de instrumentos devem ser credenciadas por um signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo: ILAC;
- Todos os certificados de calibração devem estar de acordo com a norma ISO/IEC 17025, contendo a logomarca da rede de calibração à qual pertence o laboratório de calibração. Organismos de acreditação mantêm listas atualizadas dos escopos dos laboratórios;
- Excepcionalmente, quando não houver condições técnicas para calibrar um instrumento de acordo com os requisitos acima estabelecidos, uma forma alternativa de calibração poderá ser aceita. Neste caso, deverá haver um acordo formal entre a CONTRATADA e a ITAIPU antes da execução da calibração, devendo a ITAIPU ser convocada para acompanhar a execução da calibração;
- O laboratório executor deve ser capaz de verificar a rastreabilidade metrológica de todos os instrumentos utilizados na calibração e no monitoramento das condições ambientais do laboratório. A ITAIPU reserva-se o direito de solicitar os documentos de verificação metrológica do laboratório que realizará a calibração.

A ITAIPU enviará um ou mais fiscais para acompanhar os testes de rotina e, quando for o caso, também os testes de tipo e especiais.

Todos os custos relativos aos testes solicitados e calibrações serão de responsabilidade da CONTRATADA e já deverão ser levados em conta na elaboração da proposta comercial.

Caso os testes sejam realizados fora do MERCOSUL, a CONTRATADA arcará com todos os custos da viagem ao exterior de 1 (um) Inspetor (Engenheiro, representante da Divisão de Fiscalização, da Diretoria Financeira de ITAIPU), para atestar a Execução das atividades de inspeção previstas no PIT (Plano de Inspeção e Teste) aprovado, de acordo com o documento “Condições Gerais de Inspeção”.

4.10.2 Plano de Inspeção e Teste (PIT)

A CONTRATADA deverá elaborar e submeter à aprovação de ITAIPU o Plano de Inspeção e Testes (PIT) contendo os procedimentos dos testes a serem realizados, com antecedência mínima de 60 (sessenta) dias, antes da data de início dos testes nas instalações da CONTRATADA ou de sua subcontratada.

Os testes exigidos nesta Especificação Técnica devem ser estruturados de forma a atender, quando aplicável, a sequência indicada nas normas IEC 61869-1 e IEC 61869-2.

O PIT deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Objetivos dos ensaios;

- Tipo de inspeção e normas técnicas adotadas;
- Breve descrição dos testes a serem realizados;
- Documentos de referência;
- Descrição detalhada de cada etapa dos testes;
- Cronograma de execução;
- Requisitos e recursos necessários;
- Valores esperados e critérios para aceitação dos resultados;
- Lista de testes de tipo, especiais e de invólucro polimérico para os quais possui certificados válidos, atendendo aos itens 4.10.3 e 4.10.4 desta Especificação.

Os certificados de testes de tipo, especiais, e do invólucro polimérico devem ser apresentados em documento separado, juntamente com o PIT, para análise da ITAIPU.

4.10.3 Testes de Tipo e Especiais

A CONTRATADA deverá fornecer à ITAIPU os certificados dos testes de tipo e especiais solicitados abaixo, que devem ser realizados em equipamentos idênticos ou, alternativamente, com mínimas variações construtivas em relação ao oferecido (a ITAIPU analisará os projetos do TC testado e do oferecido, para determinar a aceitação ou não dos certificados de teste apresentado). Será aceito o protocolo de teste de tipo ou especial realizado em equipamento de 50 Hz ou 60 Hz, desde que este protocolo atenda integralmente ao disposto nesta seção.

Em qualquer caso, os testes devem ser realizados de acordo com as versões mais recentes das normas IEC 61869-1 e IEC 61869-2 para os valores apresentados no item 4.3, de forma a garantir o atendimento a esta Especificação Técnica.

Os certificados de testes de tipo e especiais não devem ter data de emissão superior a 10 (dez) anos previa à data de apresentação da proposta comercial no momento do processo licitatório.

Os demais testes deverão ser previstos no PIT e executados na sequência indicada na IEC 61869-2 e na presença dos fiscais da ITAIPU, sendo os custos do respectivo teste de responsabilidade única e exclusiva da CONTRATADA.

Pelo menos os seguintes certificados de testes de tipo e especiais, realizados conforme estabelecido nos parágrafos anteriores, deverão ser apresentados ou executados pela CONTRATADA (os ensaios especiais, conforme normas IEC 61869-1 e IEC 61869-2, estão marcados com asterisco):

- Tensão suportável de impulso atmosférico no terminal primário;

- Tensão suportável ao impulso de manobra no terminal primário;
- Tensão suportável à frequência industrial, sob chuva no terminal primário;
- Elevação de temperatura;
- Suportabilidade aos esforços térmicos e mecânicos de curto-circuito;
- Compatibilidade Eletromagnética. Tensão de rádio-interferência (RIV);
- Verificação do grau de proteção do invólucro;
- Estanqueidade do invólucro em baixas e altas temperaturas (*);
- Esforços mecânicos no terminal primário (*);
- Determinação do fator de segurança para enrolamentos de medição;
- Teste de exatidão;
- Teste de falha interna por arco elétrico (conforme classe e estágio de proteção I) (*);

Os testes de tipo e especiais podem ser realizados em até 2 (dois) TCs, sendo que todos os testes dielétricos devem ser realizados sempre no mesmo transformador, conforme estabelecido pela IEC 61869-1.

Todos os instrumentos a serem utilizados nos testes devem possuir certificado de calibração em vigor, conforme preconizado no item 4.10.1 desta Especificação.

4.10.4 Testes no material do invólucro externo (housing)

A CONTRATADA deverá providenciar à ITAIPU os certificados de teste do material utilizado no invólucro externo (housing) dos TCs a serem fornecidos, atendendo, no mínimo, às normas e critérios estabelecidos no item 4.4.5 desta Especificação. Caso a CONTRATADA não tenha tais certificados, esta deverá realizar os testes na presença dos inspetores da ITAIPU, devendo também atender ao disposto nos itens 4.10.1 e 4.10.2 desta Especificação.

4.10.5 Testes de Rotina

O objetivo desses testes é demonstrar, previamente à emissão da liberação de embarque pela ITAIPU, que os materiais e equipamentos a serem fornecidos são adequados para a aplicação e condições de serviço às quais serão submetidos.

Os testes de rotina devem ser realizados em 100% do lote adquirido e a CONTRATADA deve fornecer com a devida antecipação todos os equipamentos e acessórios necessários para a execução dos testes de fábrica, a fim de evitar atrasos nas atividades programadas.

Todos os instrumentos a serem utilizados nos testes devem possuir certificado de calibração em vigor, conforme disposto no item 4.10.1.

A CONTRATADA deve fornecer 2 (duas) vias dos laudos (impressos e digitais) para a ITAIPU, com todos os resultados dos testes de rotina, assinados pelo inspetor da ITAIPU e aprovados pela área de controle de qualidade do fabricante.

A aprovação dos resultados dos testes não exime a CONTRATADA de suas responsabilidades quanto a defeitos, falhas, não conformidades e imperfeições não detectadas durante os testes e inspeções.

Os inspetores da ITAIPU terão autoridade para rejeitar qualquer item que, ao final dos testes, não atenda aos requisitos especificados. As correções necessárias devem ser documentadas e aprovadas pelos inspetores da ITAIPU e, depois da implementação, uma nova sequência de testes deve ser realizada sem custos adicionais para a ITAIPU.

Os equipamentos e materiais somente serão liberados para embarque após a aprovação e emissão do Boletim de Inspeção com a respectiva liberação técnica, bem como a emissão do Certificado de Liberação de Embarque (CLE), pelos inspetores da ITAIPU.

Os testes devem ser realizados de acordo com as normas citadas no item 4.1 desta especificação. Portanto, pelo menos os seguintes testes de rotina devem ser realizados:

- Tensão suportável à frequência industrial em seco no terminal primário;
- Tensão suportável à frequência industrial no terminal secundário;
- Tensão aplicada entre as seções dos enrolamentos secundários;
- Teste de estanqueidade do invólucro à temperatura ambiente;
- Teste de pressão do invólucro;
- Polaridade;
- Verificação de exatidão;
- Medição de resistência dos enrolamentos secundários;
- Descargas parciais;
- Testes de sobretensão entre espiras do enrolamento secundário;
- Espessura e aderência da camada de galvanização, quando aplicável;
- Teste físico-químico e cromatografia do óleo isolante, conforme disposto no item 4.4.6 desta Especificação. As análises devem ser realizadas antes e depois dos testes dielétricos.

A convocatória para inspeção deve ser realizada de acordo com os procedimentos indicados nas Condições Gerais de Inspeção (CGI), informado nas Referências Complementares.

4.11 DOCUMENTOS A SEREM FORNECIDOS PELA CONTRATADA

Os documentos que serão fornecidos pela CONTRATADA, antes, durante e ao término dos serviços que compõem o objeto deste fornecimento, deverão ser elaborados conforme preconizado no documento "Diretrizes básicas para elaboração/revisão e apresentação de documentos técnicos" (2710-20-15200-P).

Os documentos técnicos enviados pela CONTRATADA serão analisados pela ITAIPU e poderão ser devolvidos com um dos seguintes status: NÃO APROVADO, APROVADO C/ COMENTÁRIO e APROVADO. Os status de APROVADO COM COMENTÁRIOS e APROVADO, autorizam a CONTRATADA a prosseguir com a fabricação dos componentes do desenho analisado, desde que consideradas e atendidas as correções indicadas e/ou descritas no documento devolvido.

Os documentos técnicos submetidos à aprovação de ITAIPU deverão ser analisados e devolvidos à CONTRATADA, indicando o grau de aprovação, no prazo de até 30 (trinta) dias após o recebimento e registro dos mesmos no protocolo geral da Usina Hidrelétrica ITAIPU e/ou no Sistema de Arquivo Técnico (SATedms)".

Os documentos técnicos considerados como NÃO APROVADOS ou APROVADOS COM COMENTÁRIOS devem ser reapresentados pela CONTRATADA para aprovação da ITAIPU dentro de (15) dias após o recebimento dos comentários feitos pela ITAIPU, a fim de não alterar as condições de entrega do equipamento.

Todos os documentos técnicos devem ser preparados em português ou espanhol.

A aprovação dos documentos técnicos pela ITAIPU não isenta a CONTRATADA de suas responsabilidades contratuais de fornecimento dos equipamentos.

4.11.1 Documentos técnicos básicos

A CONTRATADA deverá fornecer, no mínimo, os seguintes documentos técnicos:

- Detalhes construtivos dos TCs, conectores, componentes e acessórios, incluindo desenhos dimensionais, vistas, cortes, elevação, pesos e desenhos da placa;
- Desenhos com indicação dos pontos de içamento, detalhes de montagem e de fixação nas estruturas de suporte existentes (tipo pedestal) na Subestação Margem Direita (conforme Figura 2);
- Desenhos dimensionais, memorial de cálculo e material das bases metálicas mencionadas no item 4.5, se necessário.

- Manual de instalação, contendo os métodos e detalhes de montagem e instalação em campo, de acordo com o Anexo B.3 da norma IEC 61869-1;
- Manual de operação e manutenção, conforme Anexos B.4 e B.5 da norma IEC 61869-1;
- Catálogos, desenhos, manuais e demais documentos dos materiais de reserva, dispositivos e ferramentas fornecidas de acordo com os itens 4.7 e 4.8 desta Especificação;
- Laudo técnico contendo todos os certificados de testes de tipo, especiais, e do invólucro polimérico, conforme itens 4.10.3 e 4.10.4 desta Especificação.

4.11.2 Informações técnicas sobre o projeto dos TCs

A CONTRATADA deverá fornecer, juntamente com a documentação técnica mencionada no item 4.11.1 acima, as seguintes informações técnicas sobre o projeto dos TCs:

- Circuito equivalente do TC para estudos de transientes eletromagnéticos, incluindo:
 - Curva de magnetização do núcleo;
 - Perdas no núcleo;
 - Resistência do enrolamento primário e secundário;
 - Indutância de dispersões do enrolamento primário e secundário;
 - Capacitância do enrolamento primário e secundário entre enrolamentos;
 - Curvas ($I \times t$) que mostrem a sobrecorrente máxima admissível (sem redução da vida útil do equipamento), aplicada ao TC a partir das seguintes condições iniciais de corrente primária: sem carga, 50% e 100% da corrente nominal.

4.12 EMBALAGEM, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE

Os TCs, seus componentes e acessórios, devem ser entregues hermeticamente lacrados e com a embalagem apropriada em caixas de madeira ou outro material compatível com o tipo de transporte a ser utilizado.

Os materiais e formatos aplicados nas caixas de transporte devem garantir a proteção dos TCs e seus acessórios por meio de embalagem adequada contra potenciais agentes físicos, corrosivos e biológicos (fungos, por exemplo) existentes durante o transporte.

As embalagens de transporte dos TCs devem ser equipadas com dispositivo registrador de impacto, para monitorar os esforços mecânicos a que foram submetidas durante o movimento. Este dispositivo deve ser especificado corretamente pela CONTRATADA de acordo com o peso e as dimensões do TC embalado para transporte (geralmente 25G para TC).

Os materiais fornecidos para montagem imediata e para armazenamento como reserva devem ser entregues em lotes separados, ou seja, com embalagens e documentos separados. Para todos os efeitos, o lote de material de reserva deverá ser entregue com etiqueta de identificação externa bem evidente, indicando claramente que o mesmo é material de reserva, com o respectivo número de contrato.

A CONTRATADA deverá também fornecer todas as instruções necessárias para o correto transporte, manuseio e armazenamento do equipamento, conforme Anexos B.1 e B.2 da norma IEC 61869-1, sendo de responsabilidade da CONTRATADA o armazenamento do equipamento e acessórios em local adequado até sua entrega na ITAIPU.

5 LOCAL DE ENTREGA DO EQUIPAMENTO

A CONTRATADA deverá observar o local de entrega do equipamento, definido no instrumento contratual.

6 PRAZOS DO FORNECIMENTO

A CONTRATADA deverá observar as condições de fornecimento, definidas no instrumento contratual.

7 REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

Os documentos conforme elencados abaixo são citados no texto desta Especificação. Em caso de divergência, prevalecem os requisitos estabelecidos nas Especificações, Contrato ou Autorização de Aquisição.

- **2710-20-15200-P:** – Diretrizes básicas para a elaboração, revisão e apresentação de documentos técnicos;
- Condições Gerais de Inspeção, elaborado pela Superintendência de Materiais de ITAIPU Binacional – MT.DF/MTS.DF/MTSI.DF, disponíveis no site de compras de ITAIPU (<https://compras.itaipu.gov.br> – item “Normas e Instruções”).

8 ANEXOS

ANEXO I – DESENHOS DIVERSOS

- 4514-DC-J5608-E: FUNDACION Y ESTRUCTURA SOPORTE - TC 500 KV
- 6468-DF-G3300-P (FL.18) - CONETOR TERMINAL RETO BARRA / 2 CABOS 4000 kcmil.

