



Transports
Metropolitans
de Barcelona

ETM_AT_04.V1
ESPECIFICACIÓ TÈCNICA

TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS

Control Canvis i Versions

Revisió	Data	Notes i raons del canvi	Apartats
1	Agost 2024	Validació de producte	Annex 1

Equip Redactor

Equip redactor	Aprovació
Unitat de Projectes d' Energia Unitat de Manteniment d' Energia	Direcció del Servei d' Energia i Sistemes d' Estació
Agost 2024	Agost 2024

ÍNDEX

1	OBJECTE	4
2	CAMP D' APLICACIÓ	4
3	DESCRIPCIÓ I CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DEL PRODUCTE	4
3.1	Condicions de servei	4
3.2	Característiques elèctriques.....	5
3.3	Característiques dimensionals i pes	6
3.4	Característiques constructives.....	7
3.4.1	Bobinats	7
3.4.2	Circuit Magnètic.....	7
3.4.3	Terminals	8
3.5	Protecció Tèrmica	8
3.6	Accessoris	8
3.7	Placa de característiques	9
3.8	Toleràncies.....	10
3.9	Pintat.....	10
3.10	Requisits de qualitat.....	10
4	RECEPCIÓ	11
4.1	Condicions generals	11
4.2	Criteris de selecció i proporció de mostres que cal assajar	11
4.3	Lloc dels assajos.....	11
4.4	Relació d' assaigs de recepció	12
4.5	Criteris d'acceptació/rebuig	12
5	CONDICIONS DE TRANSPORT, EMBALATGE I ETIQUETATGE.....	12
6	GARANTIES.....	13
7	NORMATIVA DEROGADA.....	13
8	ENTRADA EN VIGOR	13
9	NORMATIVA DE REFERÈNCIA	13
10	ANNEX 1. PROCÉS DE VALIDACIÓ DE PRODUCTE	16
10.1	Condicions generals	16
10.2	Condicions dels laboratoris d' assaig.....	16
10.3	Seguiment del procés de validació.....	17
10.4	Criteris de selecció i proporció de mostres que cal assajar	18
10.4.1	Comprovació geomètrica.....	18
10.4.2	Assaigs elèctrics.....	18
10.4.3	Verificació de la placa de característiques.....	20
10.4.4	Mesura del nivell de soroll.....	20
10.4.5	Comprovació de classe climàtica, ambiental i foc.....	21
10.5	Vigència de la validació.....	21
10.6	Equips validats	21

1 OBJECTE

La present especificació tècnica té per objecte definir les característiques tècniques, així com fixar el procés de validació i condicions de subministrament de transformadors de potència de tipus sec destinats a centres de transformació per a càrrega de busos.

2 CAMP D' APLICACIÓ

Els transformadors de potència especificats s' ubicaran en centres de transformació per a l' alimentació de sistemes de càrrega de busos en cotxeres de TMB, que disposa de les tensions de subministrament 25kV.

3 DESCRIPCIÓ I CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DEL PRODUCTE

3.1 Condicions de servei

Les condicions de servei dels transformadors seran les indicades a la taula següent:

Tipus de servei	Continu
Tipus d' instal.lació	Interior
Temperatura ambient màxima	+ 40 °C
Temperatura ambient mínima	-5 °C
Humitat relativa ambient màxima	95%
Alçada màxima sobre el nivell del mar	1000 m

3.2 Característiques elèctriques

Tipus de transformador	(AT) Encapsulat / (BT) Encapsulat
Material devanats	Coure/Coure
Tipus d' encapsulat	Encapsulat / Encapsulat
Potència nominal	2500 kVA
Cicles de càrrega	Segons normes: IEC 60076-12, IEC60076-11 i IEC 60076-12.
Tensió assignada primari i nivell d' aïllament	30 kV (36 kV) IR 170 FI 70
Tensió assignada secundari i nivell d' aïllament	400 V (3,6kV) IR 40 FI 10
Freqüència	50 Hz
Grup de connexió	Dyn11
Règim de neutre	Neutre accessible i aïllat de massa
Preses de regulació de tensió en primari	± 2.5%, ± 5%, ± 7.5% Presa central corresponent amb tensió assignada Totes les preses seran de plena potència
Classe de servei	VI segons (segons EN 50329) a. No són acumulatives i el cicle es repeteix 4 vegades al dia b. 100% per temps il·limitat (2500kVA) c. 150% durant 120 min (3750kVA) d. 300% durant 1 min (7500kVA) e. L'increment màxim de temperatura mitjana en els ensorraments després de la sobrecàrrega de curta durada i amb el contingut harmònic està limitat a 115/115K d'acord a UNE-EN 50329 f. L'increment màxim de temperatura mitjana en els ensorraments després de la sobrecàrrega de llarga durada i amb el contingut harmònic està limitat a 125/125K d'acord a UNE-EN 50329
Tensió de curtcircuit	Màxim 9 % per a 2500 kVA

	(± toleràncies EN 60076-1)
Classe aïllament A.T. / B.T.	H / H segons EN 60076-11
Classe tèrmica A.T. / B.T.	F / F segons EN 60076-11
Nivell de potència acústica màxima	72 dB
Refrigeració	Natural (ventilació forçada en cel·la)
Classes Climàtica / Ambiental / Foc	C2 / E2 / F1
Escalfament màxim a la potència nominal (AT/BT)	100/100 K
Grau de protecció	IP-00
Pèrdues en càrrega màximes (a 120°C)	Màxim 19 kW (± toleràncies EN 60076-1)
Pèrdues en buit	Màxim 4 kW (± toleràncies EN 60076-1)
Intensitat màxima de buit	0,8 x In
Rendiment	A plena càrrega superior a 99,0% i cos fi = 0.9.
Aptitud per suportar curtcircuits	El transformador i els seus accessoris estaran dissenyats i construïts per suportar durant el seu funcionament els curtcircuits que eventualment puguin produir-se, en compliment dels requisits de l' EN 60076-5
Nivell màxim descàrregues parcials	10 pC
Distància entre eixos	820x820mm (a confirmar en cada projecte / subministrament en base a les carrileres previstes/existents)

3.3 Característiques dimensionals i pes

Les dimensions i pesos màxims seran els indicats a continuació:

- Pes màxim:
 - o 9.500 kg per a 2.500 kVA
- Llargària màxima: 2.650 mm
- Amplada màxima: 1.400 mm
- Alçada màxima: 2.600 mm

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 6 DE 21

3.4 Característiques constructives

3.4.1 Bobinats

Estaran robustament fixats per poder resistir eficaçment els esforços electrodinàmics provocats per eventuais curtcircuits.

Seran de coure electrolític, concèntrics, independents i aïllats entre si.

Entre els devanats primaris i secundaris s'instal·larà una pantalla electrostàtica connectada a terra per evitar l'efecte capacitiu entre tots dos. La pantalla disposarà d' un born per a la seva connexió a terra.

El bobinatge d' alta tensió estarà constituït amb banda de coure format discos separats i aïllats en capes. Disposarà de presa en extrems i altres intermèdies per poder regular tensió en buit i sense tensió.

Una vegada realitzat l' engrescament, se sotmetrà a un procés d' assecat i desgasificació sota buit abans del seu encapsulament, per aconseguir l' eliminació de les bombolles d' aire. L' encapsulat serà amb resina epoxy, enduridor i càrrega ignifugant. Posteriorment es tractarà tèrmicament per aconseguir una bobina d' alta resistència mecànica, absent de descàrregues parcials i amb alt grau d' aïllament.

El bobinatge secundari estarà constituït a partir de conductors de coure electrolític, en forma de banda, aïllats.

Una vegada realitzat l' engrescament, se sotmetrà a un procés d' assecat i desgasificació sota buit abans del seu encapsulament, per aconseguir l' eliminació de les bombolles d' aire. L' encapsulat serà amb resina epoxy, enduridor i càrrega ignifugant. Posteriorment es tractarà tèrmicament per aconseguir una bobina d' alta resistència mecànica, absent de descàrregues parcials i amb alt grau d' aïllament.

Els bobinats secundaris seran independents i estaran posicionats l' un sobre l' altre, de forma que siguin magnèticament desacoblants.

3.4.2 Circuit Magnètic

Es realitzarà en xapa d' acer al silici de gra orientat, aïllada per òxids minerals i protegida contra la corrosió mitjançant una capa de pintura.

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 7 DE 21

3.4.3 Terminals

Els terminals estaran dimensionats per suportar el corrent nominal i per suportar les sol·licitacions dielèctriques, tèrmiques i mecàniques derivades dels assajos previstos i en el règim de funcionament.

Els terminals disposaran d' earthing bullets de 25 mm de diàmetre per a la posada a terra tant en primari com en secundari.

Les connexions de primari (AT) es realitzaran per dalt o a l'altura mitjana de la bobina, als terminals de les barres d'acoblament d'AT. Cada terminal estarà perforat amb un forat de diàmetre 14 mm per permetre la connexió per un sistema cargol – tendra i un altre forat de diàmetre 14 per a previsió de posada a terra, mitjançant un "earthing bullet" de diàmetre 25mm.

Les barres d' acoblament seran en tub rígid, protegit per una funda aïllant termo retràctil. No s' admetrà cable.

Les connexions de secundari (BT) es realitzaran als terminals localitzats a la part superior dels endeutaments i al costat oposat a les barres de connexió d'AT. La connexió del neutre de BT es farà directament a la barra d' acoblament de BT entre els terminals de fases de BT.

Els terminals de connexió seran segons estàndard del fabricant. A més es col·locarà "earthing bullet" de diàmetre 25mm.

3.5 Protecció Tèrmica

Es disposarà d' un dispositiu de protecció tèrmica, control i mesura, comprenent:

- ✓ 1 conjunt de 4 sondes PT 100 a raó d' una sonda per fase i nucli connectada a un bornero, podent disposar d' un connector desendollable.
- ✓ 1 termòmetre digital, caracteritzat per quatre circuits independents i comunicable a un PLC a través d' un port 485, modbus, i sortida 4-20 mA. O bé, a través de targeta connectada a PLC amb capacitat per tractar la mesura analògica de les sondes PT100.

Dos circuits controlaran la temperatura captada per les sondes PT 100, alarma i dispar, i un tercer circuit que controlarà els defectes de les sondes o el tall de l' alimentació elèctrica. El termòmetre serà subministrat, sense muntar, amb esquema de connexions juntament amb el transformador.

3.6 Accessoris

Els transformadors hauran d' estar equipats amb els accessoris següents:

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 8 DE 21

- ✓ Rodes planes bi-orientables.
- ✓ Càntegem d'elevació.
- ✓ Forats d'arrossegament al xassís. Aquest serà de tipus UPN, per aguantar els moviments transversals i longitudinals durant les maniobres de posada en marxa.
- ✓ Dues preses de posada a terra.
- ✓ Una centraleta de temperatura.
- ✓ Una placa de característiques, situada a la banda de MT
- ✓ Una placa de característiques, per muntar-la a la porta d' accés.
- ✓ Un senyal d'advertència "perill elèctric".

Adicionalment, s' aportarà la documentació indicada a l' apartat Recepció.

3.7 Placa de característiques

El transformador anirà equipat amb dues (2) plaques de característiques, una d'ella muntada a la part superior en lloc visible i l'altra per muntar sobre la porta de la cel·la d'allotjament, de xapa amb fons negre i lletres gravades blanques, i que recollirà les característiques que s'indiquen a continuació per aquest ordre:

- Tipus de transformador: aïllament sec per a servei de tracció elèctrica
- Especificació Tècnica: Codi de la present E.T.
- Normativa
- Classe de servei
- Nom del fabricant
- Número de sèrie
- Any de fabricació
- Lloc de fabricació
- Material dels endegaments
- Nombre de fases
- Relació de transformació
- Grup de connexió
- Esquema de connexió
- Servei interior
- Potència bàsica de cada endegament
- Freqüència assignada
- Taula que indiqui la tensió de cada presa, intensitat de cada presa i potència de cada presa
- Nivells d' aïllament i tensions d' assaig a freqüència industrial i tipus raig ple
- Impedància de curtcircuit
- Tipus de refrigeració
- Massa total
- Classe climàtica
- Classe ambiental
- Classe de comportament al foc

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 9 DE 21

- Temperatura màxima ambient
- Escalfament mitjà màxim dels enrotllaments

3.8 Toleràncies

Les toleràncies aplicables a les magnituds mesures seran les indicades a la Norma UNE-EN-60076-1 i UNE-EN 60076-11.

Perquè un transformador es consideri que compleix íntegrament amb el requerit en la present E.T., totes les magnituds sotmeses a tolerància hauran d' estar dins dels marges indicats:

MAGNITUD	TOLERÀNCIES
Pèrdues totals	+ 10 %
Pèrdues parcials	+ 15 %
Relació de transformació en buit entre la presa central de primari i cadascun dels endegaments de secundari	±0,5 %
Tensió de curtcircuit	±10 %
Corrent de buit	+ 30 %

3.9 Pintat

Les superfícies i els accessoris externs dels transformadors així com les superfícies internes hauran de tenir una adequada protecció contra la corrosió.

S' aplicaran 4 capes:

- Primera capa d'imprimació hidrosoluble de gruix 20 a 25 micres de pel·lícula seca
- Segona capa amb pintura intermèdia tipus epoxy de 2 components (resina base + catalitzador)
- Tercera i quarta capes d' esmalt de poliuretà alifàtic no grogant de 2 components.

Entre capa i capa es deixarà un temps d' assecament a l' aire mínim de 24 h.

3.10 Requisits de qualitat

El fabricant haurà de tenir implantat un sistema d' assegurament de la qualitat que garanteixi el control sistemàtic en tots els processos de fabricació dels transformadors, prestant especial atenció a la traçabilitat dels materials,

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 10 DE 21

certificat d' acord a la norma ISO 9001.

Així mateix, haurà de tenir implantat un sistema de gestió mediambiental certificat d' acord a la norma ISO 14001.

4 RECEPCIÓ

4.1 Condicions generals

El lliurament dels equips haurà d' anar acompanyat de la documentació següent:

- Referència de la comanda o de l' obra
- Data de lliurament
- Naturalesa i quantitat del subministrament
- Qualsevol altra indicació que s' hagi inclòs en la comanda
- Certificats de qualitat i naturalesa dels materials emprats en la fabricació
- Plànols globals i acomiades incloent cotes i toleràncies
- Informe amb les característiques principals
- Documentació que permeti identificació d' accessoris, ubicació dels mateixos, esquemes desenvolupats, llistes de cablejats, materials, etc.
- Informe dels assaigs de validació aprovat per l' Entitat Tècnica de Seguiment.
- Especificacions i manual d' instruccions per al transport, manipulació, instal·lació, posada en marxa i manteniment, incloent relatives a:
 - o Operacions de neteja
 - o Manteniment rutinari, incloent qualsevol precaució especial
 - o Maneig dels transformadors
 - o Emmagatzematge i transport dels transformadors
 - o Instal·lació dels transformadors
- Informació relativa al tractament del transformador i dels seus accessoris un cop acabada la seva vida útil.
- Grau de reciclatge (s/ certificat de gestor autoritzat).
- Corrosivitat dels fums (pH).

4.2 Criteris de selecció i proporció de mostres que cal assajar

Els assaigs de recepció seran realitzats després de la fabricació sobre totes les unitats que conformin el lot.

4.3 Lloc dels assajos

Els laboratoris en els quals es realitzaran els assaigs podran ser els següents:

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 11 DE 21

- Laboratoris externs acreditats per ENAC o organisme estatal equivalent dins l'àmbit de la UE, per als assaigs concrets d'aquesta Especificació Tècnica.
- Laboratori del propi fabricant, sempre que compleixi la UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 "Requisits generals per a la competència dels laboratoris d'assaig i calibratge" i que compleixin les condicions de la ISO 9001 associats al laboratori.

Metro de Barcelona es reserva el dret a poder assistir a aquests assajos per a la seva supervisió.

4.4 Relació d'assaigs de recepció

Els assaigs, mesures i verificacions a realitzar seran els següents:

- Verificació de característiques dimensionals i pesos
- Assaig de tensió aplicada a freqüència industrial
- Assaig de tensió induïda suportada
- Assaig de mesura de descàrregues parcials
- Mesura de resistència dels engrescaments
- Mesura de la relació de transformació i verificació del desfasament
- Mesura de les pèrdues i del corrent de buit
- Mesura de les pèrdues degudes a la càrrega i de la tensió de curtcircuit
- Mesura de la resposta en freqüència
- Verificació de la placa de característiques

4.5 Criteris d'acceptació/rebuig

En el cas que qualsevol dels assajos de recepció oferís un resultat negatiu, es repetiria l'assaig una vegada. En el cas de tornar a donar negatiu, es rebutjaria el transformador.

5 CONDICIONS DE TRANSPORT, EMBALATGE I ETIQUETATGE

Els transformadors es lliuraran en embalatges adequats per a les dimensions i pesos, per facilitar les operacions de càrrega/descàrrega i protegir-los enfront de possibles incidències durant la manipulació, transport i emmagatzematge.

Cada embalatge haurà d'anar proveït de la seva corresponent etiqueta amb la següent indicació:

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 12 DE 21

- Número de proveïdor
- Número de comanda
- Número identificatiu del transformador

6 GARANTIES

Les garanties seran les establertes en el contracte de subministrament o d'obra, en tot cas complirà la legislació vigent al respecte.

7 NORMATIVA DEROGADA

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC ENCAPSULAT DE FMB.

FMB-UGE-ET-TRSE-04-Especificació tècnica trafos secs FMB-r1.doc
Gener 2010

8 ENTRADA EN VIGOR

La present E.T. entrarà en vigor en la data de la seva aprovació.

9 NORMATIVA DE REFERÈNCIA

Els transformadors compliran les normes:

- ✓ UNE-EN 60076-1 (1998). Transformadors de potència. Part 1: Generalitats.
- ✓ UNE-EN 60076-11 (2005). Transformadors de potència. Part 11: Transformadors de tipus sec.
- ✓ UNE 21538-1 (1996): Transformadors trifàsics tipus sec per a distribució en baixa tensió de 100 a 2500 KVA, 50 Hz, amb tensió més elevada per al material fins a 36 kV.
- ✓ UNE 207005 (2002): Transformadors de potència. Guia d'aplicació.
- ✓ UNE-EN 50329 (2004) i correccions 2007. Aplicacions ferroviàries. Instal·lacions fixes. Transformadors de tracció.
- ✓ UNE-EN 50588-1: 2015 Transformadors de distribució, estació i SSAA en aplicació a l'eco directiva.

Aquests transformadors s'hauran de fabricar segons un sistema de qualitat conforme a la normativa ISO 9001 certificada per una organització oficial independent.

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 13 DE 21

Els transformadors s' hauran d' assajar en un laboratori amb certificació ISO 17025 acreditat per ENAC.

10 CONDICIONS AMBIENTALS

Tipus criteri	Nom criteri	Descripció criteri	On incloure	Doc a verificar per adjudicació	Doc a verificar execució	Condicionants
Obligatori	EMBALATGES -no primaris material reciclat	Els embalatges no primaris (*) dels productes estaran fabricats al 100 % a partir de materials reciclats. (*) embalatge adicional al del propi material per a la distribució final del producte)	PPT	Declaració responsable (opcional, atès que els criteris del PPT són d'obligat compliment)	Enviament de la factura del material d'embalatge comprat per l'empresa on consti que aquest material és reciclat (ecoetiqueta tipus II)	En cas que el subministrament se serveixin amb embalatges no primaris.

ANNEX 1. PROCÉS DE VALIDACIÓ DE PRODUCTE

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 15 DE 21

11 ANNEX 1. PROCÉS DE VALIDACIÓ DE PRODUCTE

11.1 Condicions generals

La tramitació administrativa per al procés de validació es regirà pel procediment per a la validació de productes vigent, que s' explica a continuació i que abasta totes les seves fases des de la sol·licitud fins a la validació definitiva.

En els següents apartats s'estableixen el conjunt d' assaigs i proves convinguts per Metro de Barcelona per tal de garantir que els productes compleixen amb els requeriments tecnicofuncionals mínims especificats, a fi d' obtenir la corresponent Validació.

La sol·licitud de Validació ha d'anar acompanyada de la següent:

- Referències de models de transformador similars amb experiència contrastada.
- Protocol d' assaigs a realitzar durant el procés de validació per a la seva acceptació
- Certificats de qualitat i naturalesa dels materials emprats en la fabricació.
- Càlculs justificatius, esquemes i característiques dels assaigs per a la seva acceptació.
- Plànols globals i acomiades incloent cotes i toleràncies.
- Informe de característiques principals
- Documentació que permeti identificar accessoris, ubicació dels mateixos, incloent esquemes elèctrics desenvolupats, llistes de cablejats, bornes, materials, etc.

Una vegada completats els assaigs definits en la present Especificació Tècnica, es concedirà la Validació del producte. El canvi d' Especificació Tècnica, la substitució d' algun producte o element que sigui considerat substancial per Metro de Barcelona i el canvi del procés de fabricació podran donar lloc a nous assaigs de validació.

Els assaigs de laboratori anteriors a la data de l' inici del procés de validació seran admissibles sempre que no tinguin antiguitat superior a 10 anys i que les normes de referència amb què hagin estat realitzats segueixin vigents, i prèvia acceptació per part del Servei d' Energia i Sistemes d' Estació.

11.2 Condicions dels laboratoris d' assaig

Els laboratoris d' assaig que es podran utilitzar en el procés de validació seran:

- Laboratoris externs acreditats per ENAC o organisme estatal equivalent dins l' àmbit de la UE, per als assaigs concrets d' aquesta Especificació Tècnica.

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 16 DE 21

- Laboratori del propi fabricant, sempre que compleixi la UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 "Requisits generals per a la competència dels laboratoris d'assaig i calibratge" i que compleixin les condicions de la ISO 9001 associats al laboratori.

En el cas que els assaigs siguin en laboratori del propi fabricant, els assaigs es realitzaran amb la presència de l' Entitat Tècnica de Seguiment designada per Metro de Barcelona.

11.3 Seguiment del procés de validació

El procés de validació comptarà amb la supervisió d' una Entitat Tècnica de Seguiment que podrà estar formada per:

- Empresa acreditada per ENAC, contractada per Metro de Barcelona a aquests efectes.
- Equip de validació interna, formada per tècnics de les unitats de Manteniment i/o Projectes del Servei d'Energia i Sistemes d'Estació de Metro de Barcelona.

L' Entitat Tècnica de Seguiment tindrà les següents funcions:

- Aprovar la solvència del laboratori proposat per realitzar els assaigs
- Presenciar els assaigs si es realitzen en laboratori del propi fabricant
- Redactar un informe final que contempli:
 - o Especificació tècnica d' aplicació
 - o Relació de la documentació lliurada pel fabricant
 - Denominació comercial del producte
 - Característiques tècniques i funcionals
 - Plànols i esquemes
 - Data i lloc de fabricació
 - Memòria del procés productiu i instal·lacions utilitzades
 - Data i lloc de realització dels assaigs
 - Documentació acreditativa del laboratori utilitzat
 - Informes dels assaigs
 - Qualsevol altra documentació a aportar
 - o Descripció i resultats de tots els assaigs, acreditant la superació de cadascun d' ells
 - o Conclusions per donar validesa del producte i normativa de referència

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 17 DE 21

11.4 Criteris de selecció i proporció de mostres que cal assajar

Els assajos de validació es realitzaran sobre un (1) transformador de cada tipus a validar.

11.4.1 Comprovació geomètrica

Es comprovarà que les dimensions i els pesos dels transformadors de potència s'adeqüen a les indicades a la taula corresponent.

11.4.2 Assaigs elèctrics

Els assaigs elèctrics es realitzaran a una temperatura compresa entre 20 i 30 °C.

Els assaigs es realitzaran amb el transformador totalment acabat i amb accessoris muntats.

Els equips d'assaig es connectaran en la presa central dels endegaments.

Els equips d'assaig disposaran de certificats, precisió adequada per a l'assaig a realitzar, i calibratge periòdic. S'aportarà aquesta documentació al costat de la documentació de l'assaig.

Els resultats es referiran a una temperatura de referència de 120 °C.

Les tensions a aplicar seran:

Tensió d'aïllament (kV)	Tensió assaig a freqüència industrial	Tensió tipus raig plena
24 kV	50 kVef	120 kVp
36 kV	70 kVef	170 kVp

La relació d'assaigs, mesures i verificacions a realitzar per a la validació del producte són:

- Assaig del cicle de càrrega
- Assaig de tensió d'impuls de tipus raig ple
- Assaig de tensió aplicada a freqüència industrial (AV)
- Assaig de tensió induïda suportada (IVW)
- Assaig de mesura de descàrregues parcials
- Mesura de resistència dels engrescaments
- Mesura de relació de transformació i verificació del desfasament
- Mesura de pèrdues i corrent de buit
- Mesura de pèrdues en càrrega i impedància de curtcircuit

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 18 DE 21

- Mesura de la resposta en freqüència

Assaig del cicle de càrrega

Es realitzarà un assaig tèrmic de funcionament del transformador d' acord a la norma UNE-EN-60076-2 i Norma UNE-EN-50329.

Els augments de temperatura que experimentaran els ensorraments no superaran en cap cas els 100 °C en les condicions estipulades.

Després de les condicions de curta durada es permetrà que la temperatura de l' enrotllament incrementi en 15 °C respecte a l' increment màxim admissible, segons UNE-EN-50329.

La mesura d' augments de temperatura es realitzarà segons UNE-EN-60076-11 tenint en compte la classe de servei especificada, d' acord als cicles indicats a l' Annex 1.

Assaig de tensió d' impuls de tipus raig ple

Es realitzarà d' acord a l' apartat 13 de la Norma UNE-EN-60076-3, aplicant un valor de tensió tipus raig indicat en la present E.T.

Assaig de tensió aplicada a freqüència industrial (AV)

Es realitzarà d' acord a l' apartat 10 de la Norma UNE-EN-60076-3, aplicant un valor de tensió tipus raig indicat en la present E.T.

Assaig de tensió induïda suportada (IVW)

Es realitzarà d' acord a l' apartat 11.2 de la Norma UNE-EN-60076-3.

Assaig de mesura de descàrregues parcials

Es realitzarà d' acord a l' apartat 22 de la Norma UNE-EN-60076-11. El nivell màxim admissible de descàrregues parcials serà de 10 pC.

Mesura de resistència dels engrescaments

Es mesurarà d' acord a l' apartat 11.2 de la Norma UNE-EN-60076-1.

Mesura de relació de transformació i verificació del desfasament

Es mesurarà la relació de transformació de cada presa de tensió d' acord a l' apartat 11.3 de la Norma UNE-EN-60076-1.

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 19 DE 21

Mesura de pèrdues i corrent de buit

Es mesurarà d'acord a l'apartat 11.5 de la Norma UNE-EN-60076-1.
Els valors no podran superar els límits indicats en la present E.T.

Mesura de pèrdues en càrrega i impedància de curtcircuit

L'assaig es realitzarà d'acord a l'apartat 4.2 de la Norma UNE-EN-50329.

El càlcul de la pèrdua total en càrrega es realitzarà conforme al mètode basat en les mesures de pèrdues a dues freqüències diferents, inclòs en l'apartat C.5. de l'annex C de la norma UNE-EN-50329.

Els valors d'impedància han de ser mesurats i registrats entre cada parell d'endegaments.

Les mesures obtingudes no podran superar els límits indicats en la present E.T.

Mesura de la resposta en freqüència

L'assaig es realitzarà d'acord a la Norma UNE-EN-60076-18.

Les mesures obtingudes no podran superar els límits indicats en la present E.T.

11.4.3 Verificació de la placa de característiques

Es verificarà l'existència de placa de característiques i que conté la informació demanada en la present E.T.

Se subministraran 2 plaques: una a instal·lar sobre el propi transformador i l'altra que s'haurà de muntar a la cara exterior de la porta de la cel·la que l'allotgi.

11.4.4 Mesura del nivell de soroll

L'assaig es realitzarà d'acord a la Norma UNE-EN-60076-10.

Les mesures obtingudes no podran superar els límits indicats en la present E.T.

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 20 DE 21

11.4.5 Comprovació de classe climàtica, ambiental i foc

Per a la comprovació de la classe climàtica C1, s'aplicarà un assaig de xoc tèrmic a -5°C segons procediment indicat en UNE-EN 60076-11, apartat 27.3.

Per a la comprovació de la classe ambiental E2, s' aplicarà un assaig de condensació segons procediment indicat a UNE-EN 60076-11, apartat 26.3.2.

Per a la comprovació del comportament al foc F1, s' aplicarà un assaig segons procediment indicat a UNE-EN 60076-11, apartat 28.3.

11.5 Vigència de la validació

El proveïdor que disposi d' un transformador validat conservarà aquesta validació sempre que no es modifiqui l' Especificació Tècnica Vigent i no es modifiqui de forma substancial ni el producte ni el seu procés de fabricació.

Referent a això, el fabricant estarà obligat a informar Metro de Barcelona de qualsevol substitució de producte o element que sigui considerat substancial, la qual cosa podrà ser objecte de nous assaigs per a la renovació de la validació.

El fet que les condicions inicials haguessin estat alterades seria motiu de pèrdua de la Validació de producte i inici d' un nou procés de Validació.

11.6 Equips validats

Els equips validats en l' actualitat, d' acord amb els estàndards de qualitat de Metro de Barcelona i que disposen d' experiència i qualitat contrastada per haver prestat servei en els darrers anys oferint alts nivells de fiabilitat, són els següents:

- HITACHI (ABB) CT BUS 36 TMB

ESPECIFICACIÓ TÈCNICA		METRO DE BARCELONA	
TRANSFORMADORS DE POTÈNCIA DE TIPUS SEC PER A CENTRES DE TRANSFORMACIÓ DE BUS		DIRECCIÓ DE SISTEMES	
ETM_AT_04.V1	1A EDICIÓ	AGOST 2024	PÀGINA 21 DE 21