

INDUSTRIA TEKNOLOGIAREN  
INGENIARITZAKO GRADUA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***BANAKETA-AZPIESTAZIO BATEN  
BABES-SISTEMAREN DISEINUA***

**Ikaslea:** Aranaga, Decori, Pierre Ander

**Zuzendaria (1):** Etxegarai, Madina, Agurtzane

**Zuzendaria (2):** Eguia, Lopez, Pablo

**Ikasturtea:** 2017-2018

**Data:** Bilbo, 2018ko ekainaren 28a

## LABURPENA

**Titulua: Banaketa-azpiestazio baten babes-sistemaren diseinua.**

IEC61850 gaur egun dauden azpiestazioetako komunikazio-estandar ugariak bateratzeko beharrak sortutako estandar berritzailea da. Hain zuzen, lan honek estandar berri horretan oinarritzen den banaketa-azpiestazio baten automatizazio-sistemaren diseinua egitea du helburu nagusia, babes-sistema ardatz duela. Horretarako, hasiera batean azpiestazioen funtsezko teoria aztertuko da, ondoren azpiestazioen automatizazio-sistemetan sakontzeko; batez ere IEC61850 estandarrean, eta zehazki estandar horrek definitzen duen GOOSE seinaleetan. Horren ostean, automatizatutako babes-sistemaren diseinua egiteko eman diren pausuak eta honen deskribapena azalduko da. Amaitzeko, azpiestazioko irteerako lineako eta transformadoreko erreleen arteko GOOSE seinale bat programatuko da, akats baten aurrean erreleen hautakortasuna ahalik eta era azkarrenean bermatzeko. Programazio hau Bilboko Ingeniaritza Eskolako Ingeniaritza Elektrikoko Saileko laborategian frogatu da, lineako eta transformadoreko errele bana Ethernet sare batean konektatuz, eta korronte-simulagailu batez erreleetan gaintentsioak simulatuz. Era honetan, lineako erreleak korrontea moztu behar duenean transformadoreko erreleari GOOSE mezu bat bidaliko dio, azken hau blokeatuz eta era honetan barra osoa energiarik gabe uztea ekidinez, sistemaren hautakortasuna bermatuz.

## Gako hitzak

Azpiestazio, automatizazio, babes-sistema, IEC61850 estandar, ordenagailu-sare.

## RESUMEN

**Título: Diseño de un sistema de protección de subestación para una subestación de distribución.**

La norma IEC61850 es un nuevo estándar de comunicación en subestaciones creado por la necesidad de unificar los múltiples estándares usados hoy en día. Precisamente, este trabajo tiene como objetivo principal el diseño de un sistema de automatización de una subestación de distribución basado en este nuevo estándar y centrado en el sistema de protección. Se comenzará estudiando la teoría fundamental de las subestaciones, para a continuación profundizar en los sistemas de automatización de subestación; especialmente en la norma IEC61850 y concretamente en las señales GOOSE que define este estándar. Posteriormente, se detallarán los pasos dados para el diseño del sistema automatizado de protección, así como la descripción del mismo. Finalmente, se programará una señal GOOSE entre los relés de línea de salida y los de transformador con el objetivo de garantizar la selectividad lo más rápidamente posible. Esta programación se ha probado en el laboratorio del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Escuela de Ingeniería de Bilbao, conectando un relé de línea y otro de transformador a una red Ethernet, y simulando sobreintensidades con un simulador de corriente. De esta forma, cuando el relé de línea proceda a cortar la corriente, enviará una señal GOOSE al relé de transformador, bloqueándolo y así evitando cortar la corriente a toda la barra, garantizando la selectividad del sistema.

## Palabras clave

Subestación, automatización, sistema de protección, estándar IEC61850, red informática.

## ABSTRACT

**Title: Design of a protection system for a distribution substation.**

IEC61850 is a new substation communications standard created from the need of unifying the several standards existing today. Indeed, the primary goal of this project is to design the automation system of a distribution substation, focused in the protection system. To do so, the fundamental theory of substations will be studied, to then delve into substation automation systems; especially into the IEC61850 standard and, in particular, into GOOSE messages, which are defined by this standard. Afterwards, the steps for the design of the protection system will be explained, as well as the protection system itself. Finally, the programming of a GOOSE signal between the outgoing feeder relays and the transformer relays will be described, in order to ensure the selectivity of the system in the case a fault appears. This programming has been tested in the laboratory of the Electrical Engineering Department of the Engineering School of Bilbao. More specifically, this test consists in connecting an outgoing feeder relay and a transformer relay via an Ethernet network and simulating overcurrents in the relays using a current simulator. In this way, the outgoing feeder relay will send a GOOSE signal when an overcurrent is detected, blocking the transformer relay and preventing cutting the current to the whole bus, ensuring the selectivity of the system.

## Keywords

Substation, automation, protection system, IEC61850 standard, computer network.

## AURKIBIDEA

LABURPENA .....	2
Gako hitzak.....	2
RESUMEN .....	3
Palabras clave.....	3
ABSTRACT .....	4
Keywords.....	4
AURKIBIDEA.....	5
TAULEN ZERRENDA .....	7
IRUDIEN ZERRENDA.....	7
AKRONIMOEN ZERRENDA .....	9
1. SARRERA.....	10
2. TESTUINGURUA.....	12
2.1. Sistema elektrikoa .....	12
2.2. Azpiestazioak.....	133
2.3. Banaketa-azpiestazioak.....	14
2.4. Azpiestazioen babes-sistemak .....	17
2.5. Azpiestazioen automatizazio-sistemak .....	21
2.5.1. Azpiestazioen automatizazio-sistemen elementuak.....	21
2.5.2. Komunikazioa .....	22
3. LANAREN HELBURUAK ETA IRISMENA .....	30
4. LANAREN ONURAK .....	31
4.1. Azpiestazioen automatizazio-sistemen onurak .....	31
4.2. IEC61850 estandarraren onurak .....	31
5. GAIAREN EGOERAREN AZTERKETA .....	34
6. ALTERNATIBEN ANALISIA .....	38
6.1. SASen ordezko aukerak.....	38
6.2. IEC61850ren ordezko aukerak .....	38

6.3. GOOSEen ordezeko aukerak .....	38
7. DISEINUAREN DESKRIBAPENA.....	40
7.1. Azpiestazioaren ezaugarri orokorrak .....	40
7.2. Azpiestazioaren babes-sistemak .....	41
7.3. Gainerako baldintzak.....	42
7.4. Soluzioaren deskribapena .....	42
8. LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA.....	47
8.1. Egindakoaren deskribapena, faseak, ekipoak eta prozedurak.....	47
8.1.1. GOOSE konfigurazioaren helburua .....	47
8.1.2. Diseinuko erreleen GOOSE konfigurazioa .....	48
8.1.3. Programazioaren laborategiko frogak.....	51
8.2. Lana burutzeko faseak eta Gantt-en diagrama .....	56
9. AURREKONTUA.....	58
9.1. Barne-orduak.....	58
9.2. Inbertsioak.....	58
9.3. Gastuak.....	59
9.4. Aurrekontu osoa.....	60
10. ONDORIOAK .....	61
11. BIBLIOGRAFIA .....	62
ERANSKINA.....	64
Azpiestazioaren hari bakarreko diagrama eta barneko planoak .....	64
EnerVista programaren kapturak.....	66
Laborategiko erreleen konexioak.....	71

## TAULEN ZERRENDA

1. taula. OSI ereduko geruzak. Iturria: Network Protection & Automation Guide (Alstom Grid)	26
2. taula. IEC61850 estandarraren protokolo-multzoa OSI geruzen arabera. Iturria: Network Protection & Automation Guide (Alstom Grid).	36
3. taula. Posizio bakoitzerako aukeratutako erreleak.	45
4. taula. Eginkizunen planifikazioa.	57
5. taula. Barne-orduak.	58
6. taula. Inbertsioak.	58
7. taula. Gastuak.	59
8. taula. Aurrekontu osoa.	60

## IRUDIEN ZERRENDA

1. irudia. Sare elektrikoa. Iturria: Wikimedia Commons (itzulia).	12
2. irudia. Banaketa-azpiestazioen kokapena sare elektrikoan. Iturria: Electrical Engineering Portal (itzulia).	13
3. irudia. Banaketa-azpiestazio baten atal garrantzitsuenak. Iturria: Electrical Engineering Portal (itzulia).	14
4. irudia. Ormazabalen SF6an isolaturiko gelaxkak. Iturria: Ormazabal.	15
5. irudia. Korrante transformadorea. Iturria: Teknologia Elektrikoa ikasgaiko apunteak.	16
6. irudia. Hainbat motako 51 babesen ezaugarriak, 50 babesarekin alderatuta. Iturria: Electrical Engineering Portal.	19
7. irudia. Goitik behera azpiestazioko, posizioko eta prozesuko komunikazio-mailak adierazten dituen eskema. Iturria: Hirschmann.	23
8. irudia. EIA-232 konektorea. Iturria: Wikimedia Commons.	28
9. irudia. LC (goian) eta ST (behean) konektoreak. Iturria: Wikimedia Commons.	29
10. irudia. IEC61850 estandarrak baimentzen duen interoperabilitatearen adibidea. Iturria: ABB.	32
11. irudia. IEDen arteko ohiko kable-multzoak. Iturria: pacw.org.	32
12. irudia. Azpiestazioko automatizazio-sistemaren konexio-eskema. Irudien iturria: General Electric eta fs.com.	42
13. irudia. Multilin D30, lineako errelea. Iturria: General Electric.	43
14. irudia. Multilin 350 eta Multilin 345 erreleak, Ingeniaritza Elektrikoko Saileko laborategian.	44

15. irudia. Multilin C70, kondentsadore-bankuko errelea. Iturria: General Electric. ....	44
16. irudia. Barraren blokeo-sistema, akatsa linean gertatu denean. Iturria: researchgate.net. 47	47
17. irudia. EnerVista programaren hasierako pantaila. ....	48
18. irudia. Transformadoreko errelearen logika. ....	50
19. irudia. Muntaia orokorra. ....	52
20. irudia. Korrante-simulagailuaren pantaila lehen saiakeraren ondoren, erreleei txertatzen zaizkien korranteak markatuta. ....	53
21. irudia. Erreleen abisuak lehen saiakeraren ondoren. ....	53
22. irudia. Korrante-simulagailuaren pantailaren xehetasuna bigarren saiakeraren ondoren. .	54
23. irudia. Erreleen abisuak bigarren saiakeraren ondoren. ....	54
24. irudia. Korrante-simulagailuaren pantailaren xehetasuna hirugarren saiakeraren ondoren. .....	55
25. irudia. Multilin 345 erreleak eman dituen bi abisuak hirugarren saiakera burutzean. ....	55
26. irudia. Gantt-en diagrama. ....	57
E 1. irudia. Iberdrolaren azpiestazioaren hari bakarreko diagrama. Iturria: Iberdrola. ....	64
E 2. irudia. Iberdrolaren azpiestazioko etxolaren planoak. Iturria: Iberdrola. ....	65
E 3. irudia. Gooseak aktibatzea. ....	66
E 4. irudia. Lineako erreleek bidaliko duten GOOSEaren konfigurazioa. ....	66
E 5. irudia. GOOSEak jasotzeko konfigurazioa. ....	67
E 6. irudia. Jasoko den seinalearen datu-mota ezartzea. ....	67
E 7. irudia. Urrutiko sarreraren konfigurazioa. ....	68
E 8. irudia. Neutroko gainintentsitate berehalako babesaren diagrama logikoa. ....	69
E 9. irudia. Fase arteko gainintentsitate berehalako babesaren diagrama logikoa. ....	69
E 10. irudia. Neutroko denbora-atzerapendun gainintentsitate-babesa. ....	69
E 11. irudia. Fase arteko denbora-atzerapendun gainintentsitate-babesa. ....	70
E 12. irudia. Lineako errelearen (ezk.) eta transformadorekoaren (esk.) mozte-baldintzak. ....	70
E 13. irudia. Urrutiko sarreraren konfigurazioa. ....	70
E 14. irudia. Laborategiko saiakerarako Multilin 345 errelearen diagrama logikoa. ....	70
E 15. irudia. Multilin 345 eta 350 erreleetan egindako konexioen xehetasuna. ....	71
E 16. irudia. Korrante-simulagailuan egindako konexioen xehetasuna. ....	71



## AKRONIMOEN ZERRENDA

<b>ANSI</b>	American National Standards Institute	Amerikar Estandar Nazionalen Institutua
<b>EIA</b>	Electronic Industries Alliance	Industria Elektronikoen Aliantza
<b>DNP3</b>	Distributed Network Protocol	
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol	Fitxategien Transferentziarako Protokoloa
<b>GOOSE</b>	General Object Oriented Substation Event	Objektuetara Orientatutako Azpiestazioko Gertaera Orokorra
<b>HMI</b>	Human Machine Interface	Gizaki-Makina Interfazea
<b>HTTP</b>	Hypertext Transfer Protocol	Hipertestuaren Transferentziarako Protokoloa
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission	Nazioarteko Batzorde Elektroteknikoa
<b>IED</b>	Intelligent Electronic Device	Gailu Elektroniko Adimenduna
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Ingeniari Elektriko eta Elektroniken Institutua
<b>IP</b>	Internet Protocol	Interneteko Protokoloa
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization	Estandarizaziorako Nazioarteko Erakundea
<b>LAN</b>	Local Area Network	Sare Lokala
<b>MAC</b>	Media Access Control	[Transmisio-] Medioarekiko Sarrera Kontrola
<b>MMS</b>	Manufacturing Message Specification	Fabrikazio-Mezuen Espezifikazioa
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection	Sistema Irekien Interkonexioa
<b>POP3</b>	Post Office Protocol	Posta Bulegoko Protokoloa
<b>RS</b>	Recommended Standard	Gomendaturiko Estandarra
<b>RTU</b>	Remote Terminal Unit	Urrutiko Unitate Terminala
<b>SAS</b>	Substation Automation System	Azpiestazioen Automatizazio-sistema
<b>SCADA</b>	Supervisory Control And Data Acquisition	Kontrol Gainbegiralea Eta Datu Bilketa
<b>SF6</b>	Sulphur hexafluoride	Sufre hexafluoruroa
<b>SMTP</b>	Simple Mail Transfer Protocol	Posta Transferentziarako Protokolo Sinplea
<b>SNTP</b>	Simple Time Network Protocol	Sareko Denbora Protokolo Sinplea
<b>STP</b>	Shielded Twisted Pair	Babestutako Pare Txirikordatua
<b>SV</b>	Sampled Values	Laginketa-Balioak
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol	Transmisiorako Kontrol Protokoloa
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol	Erabiltzaile Datagrama Protokoloa
<b>UTP</b>	Unshielded Twisted Pair	Babestu gabeko Pare Txirikordatua

## 1. SARRERA

Gaur egun azpiestazioetan egiten diren prozedura eta maniobra konplexuak asko errazten dira ordenagailu bidez programatzen eta kontrolatzen badira. Hain zuzen, hau da azpiestazioen automatizazio-sistemen funtsa. Horrelako sistema bat gauzatzeko, azpiestazioko gailuen arteko konexioa ezinbestekoa da, elementuen arteko koordinazioa bermatzeko, besteak beste. Gailuek euren artean ulertzeko, komunikazio-estandar bat izatea beharrezkoa da. Izan ere, halako estandar ugari erabiltzen dira gaur egun. Arrazoi hori dela eta, azken urteotan estandar bakarra beharrezkoa zela ikusita, nazioarteko mailan IEC61850 estandarra sortu eta erabiltzen hasi da. Estandar honek eskaintzen duen ezaugarri garrantzitsuenetako bat GOOSE seinaleak dira; azpiestazioko elementuen artean datu-sarearen bidez azpiestazioko gertaerei buruzko mezuak era azkar eta fidagarrian bidaltzen dituzten seinaleak.

Lan honek, hain zuzen, azpiestazioen automatizazio-sistemak izango ditu ardatz, bereziki babes-sistemak; aipatutako IEC61850 estandarrean zentratuta eta GOOSE seinaleak aztertuz.

Hasteko, gai honen testuingurua azalduko da. Lehenik eta behin, sistema elektrikoaren eta azpiestazioen kontzeptu orokorrak gogoratuko dira. Segidan, lan honetarako ezagutu beharreko azpiestazioen babes-sistemak azalduko dira; eta, azkenik, azpiestazioen automatizazio-sistemetan sakonduko da. Azken puntu honetan, sistema hauek dituzten elementuak eta euren arteko komunikazioa azpimarratuko dira.

Ondoren, proiektuaren helburuak eta irismena azalduko dira. Izan ere, azpiestazio baten automatizazio-sistema diseinatuko da IEC61850 estandarra erabiliz; eta hori eginda, bere elementu batzuen arteko GOOSE bidezko komunikazioa ezarriko da, bukaeran laborategian frogatuz. Era berean proiektutik kanpo zer geratzen den ere zehaztuko da.

Helburuak zehaztuta, lanak dituen onurak azalduko dira. Konkretuki, azpiestazioen automatizazio sistemek eta IEC61850 estandarrek dituzten abantailei buruz arituko da atal honetan.

Hurrengo atalean, gaiaren gaur egungo egoera ikasiko da. Batez ere egun erabiltzen diren komunikazio-estandarrek aztertuz eta IEC61850 estandarra zehaztasunez azalduz.

Alternatiben analisisa egingo da ondorengo atalean, lan honetan aukeratutako sistemaren eta estandarren ordez zer beste aukera dagoen aztertzeko.

Jarraian, egindako diseinua azalduko da. Lehenik eta behin, oinarri bezala hartu den azpiestazioaren ezaugarriak azalduko dira, osagaiak eta zein babes-sistema behar duen atal

bakoitzean. Gainera, sistema zehatz hau diseinatzeko beste zenbait baldintza emango dira. Behin datuak ezagututa, automatizazio sistemaren diseinuaren deskribapena emango da.

*Lanerako erabilitako metodologia* izango da hurrengo atala. Honen barnean bi azpiatal izango dira: alde batetik, sistemaren diseinuan oinarrituta egin den GOOSEen konfigurazioa azalduko da, baita laborategian egindako lana ere. Bestalde, proiektu hau egiteko emandako pausoak azalduko dira, Gantt-en diagrama baten laguntzaz.

Jarraian, lanaren alderdi ekonomikoak azalduko dira, hau da, automatizazio-sistemaren diseinuaren aurrekontua.

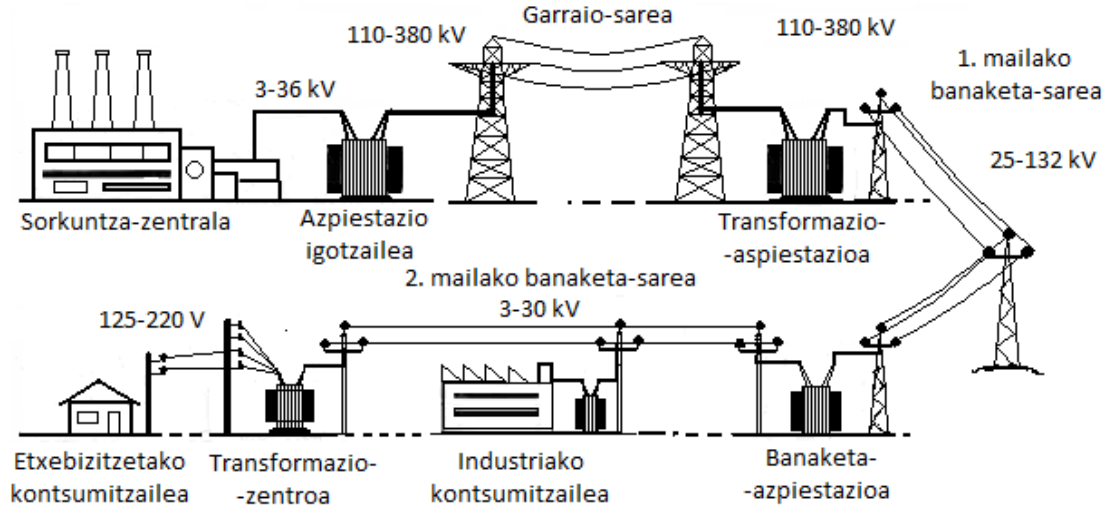
Amaitzeko, lanaren ondorioak azalduko dira.

Dokumentuaren amaieran, bibliografia eta azalpenetarako erabili diren irudi gehigarriak dituen eranskina aurkitzen dira.

## 2. TESTUINGURUA

### 2.1. Sistema elektrikoa

Sistema elektrikoa energia elektrikoaren sorkuntza, garraioa eta banaketa gauzatzeko beharrezkoak diren elementu guztiez osatuta dago.



1. irudia. Sare elektrikoa. Iturria: Wikimedia Commons (itzulia).

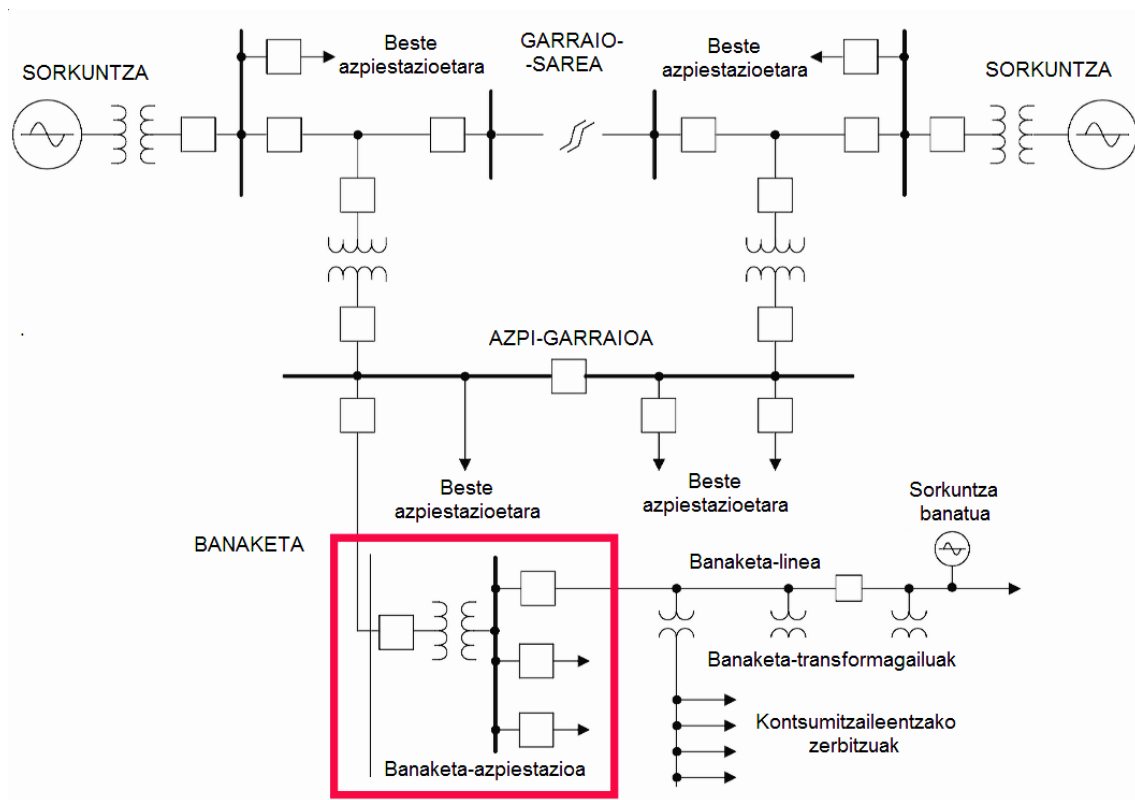
- **Sorkuntza:** sorkuntza-sistemek energia elektrikoa sortzen dute beste energia-iturri batzuetatik abiatuta. Normalean zentral elektrikoetan bihurtu eta handik garraio-sarera bidaltzen da; hala ere, kasu batzuetan banaketa-sareetan txertatzen da energia hau.
- **Garraioa:** zentral elektrikoetatik datorren elektrizitatea 30 kV azpitik egon ohi da. Hau bihurtu gabe garraiatzeak galera handiak izango lituzke Joule efektua dela eta. Horregatik, tentsio-maila igotzen zaio azpiestazio igotzaileetan, korronea jaisteko helburuarekin. Garraiorako tentsio-maila 220 kV eta 400 kV artean egoten da normalean. Energia elektriko hau transformazio-azpiestazioetara bideratzen da.
- **Banaketa:** energia elektrikoa kontsumitzeko erabilgarria izan dadin, tentsio-maila jaitsi egin behar zaio. Banaketa-sarearen arabera, hainbat tentsio-maila erabiltzen dira, 1 kV-tik 132 kV-ra doazenak. Kontsumorako 230 V - 400 V-ra jaisten da transformadoreen bidez.

## 2.2. Azpiestazioak

Azpiestazioak linea elektrikoaren muturretan kokatzen diren instalazio elektrikoak dira. Helburu ugari izan ditzakete, batez ere, tentsio-mailaren aldaketa, sistema elektrikoaren maneia – lineak konektatuz edo deskonektatuz –, bai eta sistemaren zaintza eta babesa ere. Hala ere beste hainbat funtzio ere izan ditzake, hala nola maiztasuna aldatzea, potentzia faktorearen zuzenketa, artezketa, eta abar.

Hainbat azpiestazio mota dago funtzioen eta kokapenaren arabera. Mota horietako bat banaketa-azpiestazioak dira. Hain zuzen ere, lan honek azken hauek izango ditu ardatz.

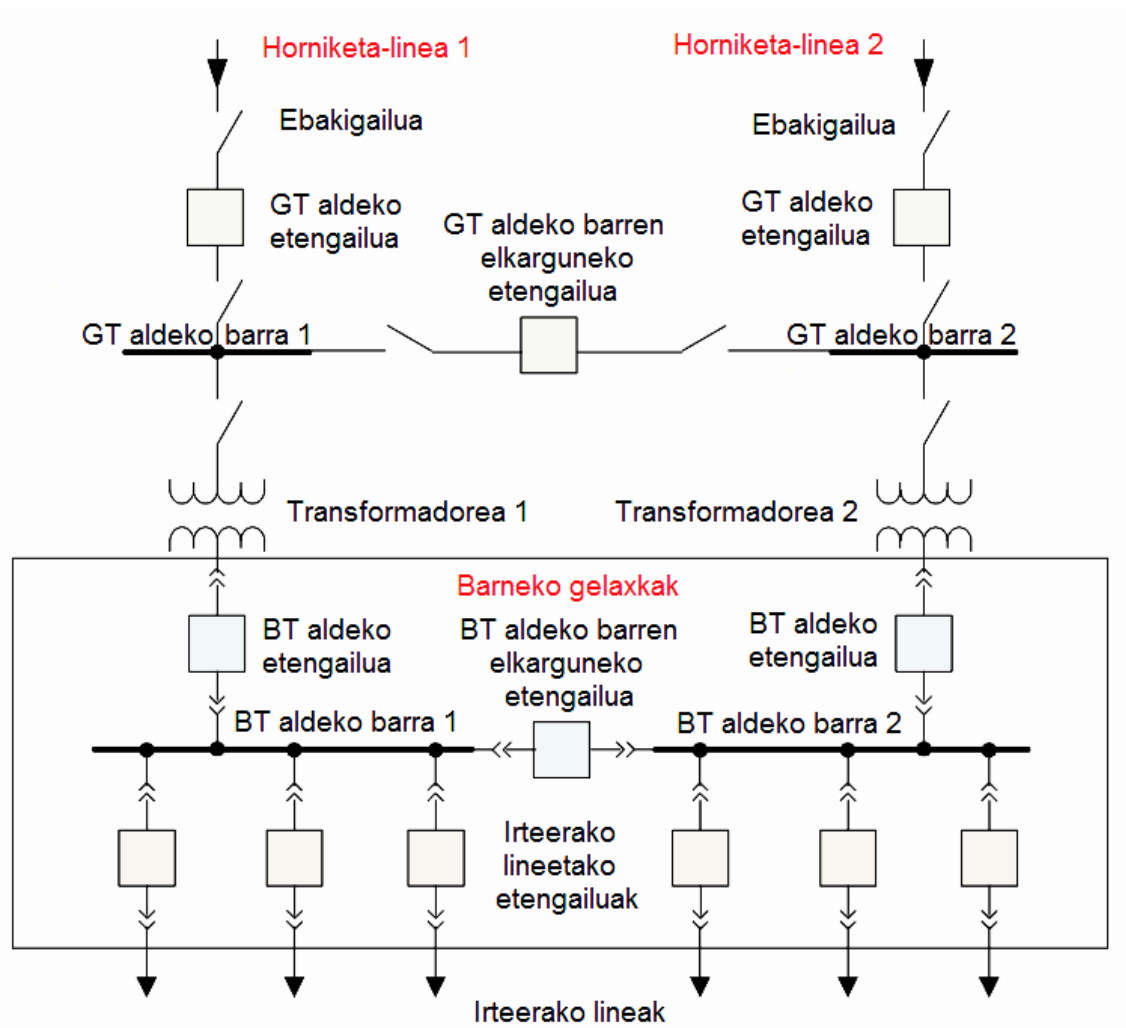
2. irudian banaketa-azpiestazioen kokapena ageri da sare elektrikoan.



2. irudia. Banaketa-azpiestazioen kokapena sare elektrikoan. Iturria: Electrical Engineering Portal (itzulia).

### 2.3. Banaketa-azpiestazioak

Banaketa-azpiestazioek garraio-lineetako tentsio altuak txikiagotzen dituzte, banaketa-sareak elikatzeko. Sare hauek kontsumitzaileei helarazten diete energia elektrikoa, bai etxeetako, bai industrialei. Gehienetan 3 kV eta 30 kV arteko tentsioak izaten dituzte. Kontsumitzaileek erabili aurretik, beste behin transformatu behar da energia elektrikoa tentsio-maila egokietara jaisteko.



3. irudia. Banaketa-azpiestazio baten atal garrantzitsuenak. Iturria: Electrical Engineering Portal (itzulia)

Banaketa-azpiestazioen elementu garrantzitsuenak azalduko dira jarraian:

- **Horniketa-lineak:** hauetatik ailegatzen da azpiestaziora transformatu beharreko energia, tentsio altu batean. Gehienetan horniketa linea bat baino gehiago egoten dira, horniketaren fidagarritasuna handitzeko. Linea hauek transformadoreen primariora doaz.

- **Transformadorea:** horniketa-lineetatik datorren elektrizitatearen tentsio-maila jaisten du, banaketa-sarearen mailara arte. Horniketa-lineekin bezalaxe, ohikoa izaten da transformadore bat baino gehiago egotea, fidagarritasuna bermatzeko.
- **Barrak:** korronte handiak garraiatzeko eta beste zirkuitu edo ekipoetara banatzeko erabiltzen dira. Horniketa-lineetatik datorren korrontea barretara bideratzen da. Era berean, transformadoreko sekundariotik irteten den korrontea barretara bideratzen da, eta hauetan gelaxkak konektatzen dira.
- **Gelaxkak:** barnean maniobra- eta neurketa-ekipoak dituzten egitura metaliko bertikalak dira. Beste elementu batzuk ere izan ditzakete, adibidez babeserako eta kontrolerako ekipoak. Barretara konektatua egoten dira, eta honetara konexioa etetea ahalbidetzeko barnean ebakigailu bat eta etengailu automatiko bat izaten dute. Horrez gain, korronte- eta tentsio-transformadoreak ere eduki ditzakete. Posible da, gainera, kontrolerako gailu digitalak izatea kanpoaldeko egituran muntatuta. Barra elikatze hartunea, bai eta irteerako lineak, kondentsadore-bankuak, zerbitzu osagarriak eta abar, gelaxken bidez konektatzen dira barretara.

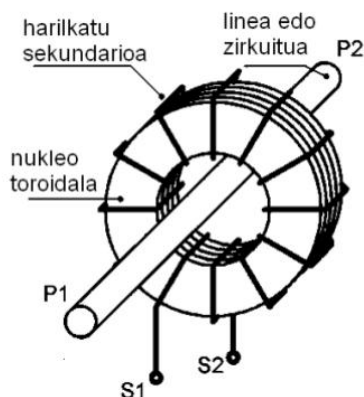


4. irudia. Ormazabal SF6an isolaturiko gelaxkak. Iturria: Ormazabal.

- **Ebakigailuak:** egitura elektromekanikoa da, zeinak zirkuitu elektriko bat era nabarmenean ebakitzeko balio duen. Ez du balio korronte elektriko mozteko, ez baitu arku elektriko deuseztatzeko mekanismorik; behin etengailuak korrontea moztuta erabili behar da. Ebakigailuek lurrerako konexiorako posizioa dute askotan, lan elektrikoak egiteko segurtasuna bermatuz.
- **Etengailu automatikoak:** korronte elektriko ebakitzeko ahalmena dute, korronte izendatuko egoeretan, baina baita gainkarga eta zirkuitulabur egoeretan ere.

Gehienetan ingurune dielektriko bat daukate barnean, zeinak arku elektrikoa deuseztatu eta isolamendua bermatzen duen. Horretarako gehien erabiltzen diren isolatzaileak SF6 gasa eta hutsa dira; antzina olioak ere nahiko erabili zen funtzio hori betetzeko.

- **Neurketa- eta babes-transformadoreak:** bi mota daude: korrante-transformadoreak eta tentsio-transformadoreak.
  - **Korrante-transformadoreak** primarioan espira gutxi edo eroalea bera dute; sekundarioan aldiz, espira kopuru handiagoa. Era honetan sekundarioko korrantea primariokoarekiko proportzionala izango da, baina txikiagoa. Korrante hau erreleetara bideratzen da benetako korronteari buruzko informazioa emateko.
  - **Tentsio-transformadoreak** alderantziz funtzionatzen dute: transformadore erreduktoreak dira. Motaren arabera, primarioaren borneetan fase bat eta lurra edo bi fase egon daitezke. Sekundarioan lortzen den tentsioa primariokoarekiko proportzionala izango denez, tentsio-informazio gisa erabil daiteke eta erreleetara bideratzen da.



5. irudia. Korrante transformadorea. Iturria: Teknologia Elektrikoa ikasgaiko apunteak.

- **Erreleak:** erreleak etengailu automatikoei zabaltzeko eta ixteko aginduak ematen dizkieten gailuak dira. Hau akats elektriko bat dagoenean egiten da, sistemaren zati akastuna isolatzeko. Hasiera batean, gailu elektromagnetikoak ziren, eta korrante- edo tentsio-transformadore batek edo antzeko gailu batek akats bat detektatzean aktibatzen ziren. Horregatik, errele bakoitzak bere funtzioa zuen. Gaur egun mikroprozesadoredun errele adimendunak erabiltzen dira. Hainbat funtzio bete ditzakete eta programagarriak dira. Datu sareen bidez euren artean konektatzeko gaitasuna dute, segurtasun-sistema hobetuz eta babes-sistemaren kable kopurua gutxituz. Azpiestazioen automatizazio-sistemen oinarria dira. Honetan aurrerago sakonduko da.



## 2.4. Azpiestazioen babes-sistemak

Sare elektrikoan eta azpiestazioetan ondorio larriak izan ditzaketen akatsak gerta daitezke, hala nola zirkuitulaburrak, gainkargak, gaintentsioak eta azpitentsioak. Gainera, akats hauek sare elektrikoak izan behar duen fidagarritasunari kalte egiten diote. Horregatik, beharrezkoa da azpiestazioetan babes-sistemak implementatzea. Horretarako, horniketa-lineak, transformadoreak, barrak eta abar babesteko sistemak ezartzen dira; hauen bidez, akatsa daukan zatia sistematik isolatzen da, gainerako zatietan ahalik eta eragin gutxien izanez. Hain zuzen ere, babes-sistemek baldintza hauek bete behar dituzte:

- **Sentikortasuna:** babesgailuak era egokian atzeman behar ditu akatsak, muga oso gutxigatik gainditzen badute ere.
- **Hautakortasuna:** babesgailuek akatsak zein eremutan gertatu diren detektatu behar dute, eta euren eremuan gertatu denean soilik eragin behar dute.
- **Azkartasuna:** azkar jokatzeko ezinbestekoa da akats bat gertatzean; gero eta denbora gehiago akatsa dagoela, orduan eta kalte handiagoak sortuko dira.
- **Fidagarritasuna:** alde batetik, garrantzitsua da babesgailuak akatsa dagoenean eragingo duela ahalik eta ziurrenik egotea. Horri obedientzia deritzo. Bestalde, bere erantzukizuna ez den akats bat gertatzean ez duela aktuatuko bermatu behar da. Horri segurtasuna deritzo.

Zirkuitua zabalarazten duten gailuak erreleak dira, eta ailegatzen zaizkien seinaleen arabera hartzen dute erabakia. Gailu hauek funtzio bakarra edo hainbat bete ditzakete; gaur egun adimendunak izan ohi dira, eta hainbat funtzioak. Honetan aurrerago sakonduko da.

Jarraian lan honetan erabiliko diren babes-funtzioak azalduko dira. Parentesi artean euren ANSI zenbakia adierazi da (ANSI Estatu Batuetan merkataritza eta komunikazio arauak ezartzen dituen erakundea da; izan ere, babesak maiz erakunde honek ezarritako zenbakiekin identifikatzen dira).

### **Gainintentsitate-babesa (50/51)**

Eroale batetik izendatutakoa baino korrante handiagoa pasatzeak hau gehiegi berotzea dakar, eta hori arriskutsua izan daiteke. Gainintentsitate-babesek hau ekiditeko balio dute.

Gainintentsitateak bitan bana daitezke: gainkargak eta zirkuitulaburrak.

- Gainkargak kargaren eskaeraren ondorioz izendatutako korrontearen balioa gainditzen denean gertatzen dira. Honek esan nahi du gainintentsitate mota hau eskariak mugatua dagoela, eta beraz ez da magnitude oso handikoa izaten normalean.

- Zirkuitulaburrak faseen artean edo fase baten eta lurraren arteko konexio zuzena edo inpedantzia baxukoa dagoenean gertatzen dira. Korrontea inpedantzia honek soilik mugatzen duenez, korronte oso handiak sortzen dira.

Gainintentsitateak saihesteko metodarik sinpleena fusibleak dira; korronte handiegia pasatzen denean barruko haria desegin egiten da, korrontea ebakiz. Hauen arazoa da, behin bakarrik erabili behar direla, eta ondoren aldatu behar direla da. Azpiestazioetan gainintentsitateak ekiditeko era arruntagoa gainintentsitateko erreleak dira, etengailu automatikoak aktibatzen dituztenak; korronte-transformadoreek korronte handiegiaren seinalea bidaltzean, erreleak etengailuari zirkuitua zabaltzeko agindua ematen dio.

Kasu batzuetan, beharrezkoa da gainintentsitatea une batez uztea. Hala gertatzen da, adibidez, jarraian dauden hainbat erreleren kasuan: beharrezkoa izan daiteke denbora-tarte bat itxarotea aurrerago dagoen erreleak erreakziona dezan. Horretarako balio du 51 ANSI zenbakidun gainintentsitate-babesak, korronte-mailaren arabera denbora luzeago edo laburrago batez uzten du korrontea zirkulatzen. Fusibleetan ere hala gertatzen da; gainintentsitate txikiekin denbora luzeagoa behar du erretzeko.

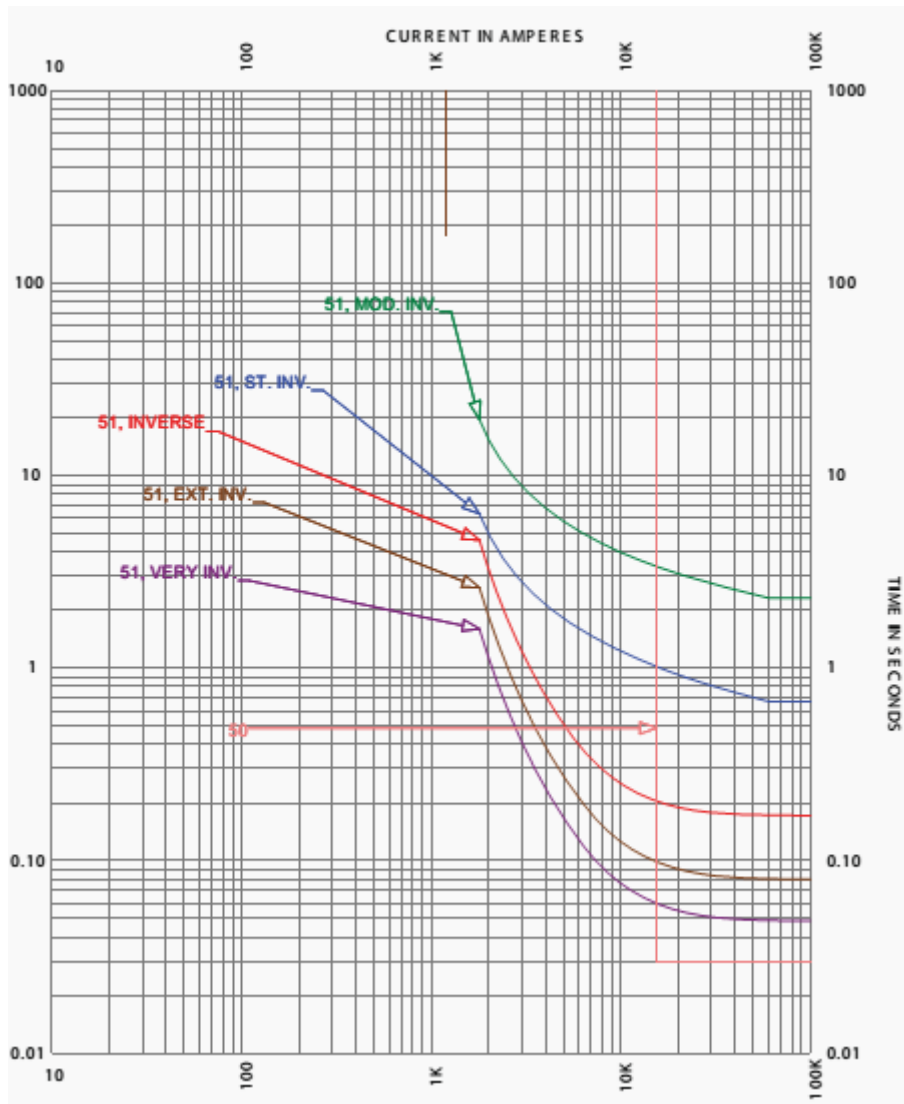
50 babesak, aldiz, gainintentsitatea detektatu bezain laster mozten du korrontea. Hau erabilgarria da zirkuitulaburren kasuan, kalte handiak eragin baititzakete denbora oso laburrean.

Gainintentsitatez babeseko erreleak 50 eta 51 babesak izaten dituzte barnean, gainintentsitate-motaren arabera era batean ala besteak jokatzeko.

6. irudian IEEE-ren kurba estandarrak ikus daitezke.

### **Norabide-gainintentsitate babesa (67)**

67 babesak ere gainintentsitatez babesten du, baina kasu honetan korrontearen noranzkoa ere kontuan hartzen du. Hau erabilgarria da korronteak bi norabidetan zirkulatzeko gaitasuna duten zirkuituetan ahalik eta zatirik txikiena soilik isolatzeko. Errele mota honek korrontearen eta tentsioaren informazioa behar du korrontearen norabidea kalkulatzeko.



6. irudia. Hainbat motako 51 babesen ezaugarriak, 50 babesarekin alderatuta. Iturria: Electrical Engineering Portal.

### Babes diferentziala (87)

Azpiestazioetan hau transformadoreetan erabiltzen da batez ere; barretan, makina birakarietan eta abarretan ere erabiltzen da. Kirchhoff-en lehenengo legean oinarritzen da bere funtzionamendua: korapilo batean sartzen diren korrante guztien baturak zero izan behar du. Hala ez bada, babestutako elementuan akats bat dago. Aldiz, akats bat baldin badago baina korranteen batura zero bada, akatsa babesturiko elementuaren kanpoaldean egongo da.

Hau bereziki erabilgarria da transformadoreetan: gerta daiteke erabileraren eraginez momenturen batean harilen artean behar ez den kontaktu bat gertatzea. Elementu hauetan kontuan izan behar da transformazio-erlazioa. Gainera, badaude korrante desberdintasunak sor ditzaketen faktore batzuk, eta babesak ondo funtzionatzeko, kontutan hartu behar dira. Hauek dira, adibidez, korrante magnetizatzailea, edo transformadorea konektatzean sortzen diren korrante handiak.

### **Distantzia-babesa (21)**

Babes hau garraio-lineetan erabiltzen da, eta akatsa zein distantziara gertatu den detektatzen du. Horretarako tentsioaren eta korrontearen arteko erlazioa erabiltzen du, hau da, inpedantzia. Akatsa gero eta urrunago egon, harainoko inpedantzia orduan eta handiagoa izango da.

Honek garraio-lineak hainbat eremutan banatzeko aukera ematen du, eta erreleak eremu horien barneko akatsekiko soilik erreakzionatuko du.

### **Gaintentsio/Azpitentsio babesa (59/27)**

59 babesak fase artean edo fasetik neutrora tentsio maximoa gainditzen den kontrolatzen du. 27 babesa, aldiz, fase artean tentsio gutxiegi ez egoteaz arduratzen da.

### **Babeserako funtzio osagarriak**

ANSIren 79. zenbakiak birkonexio-funtzioa adierazten du: akatsaren ondoren denbora zehatz bat pasata berriz itxiarazten du etengailua.

86 funtzioak, aldiz, egoera anormal bat gertatzean ekipamendua blokeatzeko eta erabileraz kanpo uzteko balio du.

## 2.5. Azpiestazioen automatizazio-sistemak

Azpiestazioen automatizazio-sistemak edo SASak (ingelesez *Substation Automation System*) elkarren artean konektatutako gailu adimendunez (IED, ingelesez *Intelligent Electronic Device*) osatutako azpiestazioen kontrolerako eta babeserako sistema integratuak dira. Komunikazio-sarearen bidez, IEDek babes-, neurri- eta kontrol-informazioa elkartrukutzen dute. Hauei esker, azpiestazioko funtzioak automatizatu eta monitorizatu daitezke.

### 2.5.1. Azpiestazioen automatizazio-sistemen elementuak

Hauek dira SAS bateko elementu ohikoenak:

- **IEDak:** gailu elektronikoko adimendunak edo IEDak babes elektrikorako balio duten mikroprozesadoredun funtzio anitzeko kontrolagailuak dira. Besteak beste, transformadoreak, korrante-ebakigailuak eta kondentsadore-bankuak babesten dituzte azpiestazioetan. IED ohikoenak babes-errele digitalak dira. Hauek sentsoreetatik informazioa jasotzen dute eta kontrol-aginduak bidaltzeko gai dira, adibidez, etengailuak aktibatzeko gai direnak, sentsoreek normala ez den tentsio, korrante edo maiztasun bat antzemanaz gero. Babes-errele digitalez gain, hainbat motako IEDak daude; esate baterako, neurgailuak, errele zaharretarako interfazeak, eta abar.
- **Posizio-kontrolagailua:** posizio batek funtzionatzeko behar duen software guztia dauka barnean. Posizioaren kontrolaz arduratzen da eta honen informazioa batzeaz arduratzen da: neurketak, elementuen egoera, IEDen egoera eta abar. Gainera, beharrezko gailu guztiak konektatzeko adina sarrera- eta irteera-konexio dauzka, digitalak, baina baita analogikoak ere. Kasu batzuetan, posizioan dagoen funtzio anitzeko IED bakarrak betetzen du funtzio hau, lan honetan gertatuko den bezala.
- **RTUa:** Urrutiko unitate terminala edo RTU (ingelesez *Remote Terminal Unit*) azpiestazioko datu analogikoak eta digitalak pilatzeaz eta urrutiko kontrol-zentroari formatu egokian bidaltzeaz arduratzen da. RTUa azpiestazioan bertan kokatuta dago.
- **HMIa:** gizaki-makina interfazea edo HMI (ingelesez *Human Machine Interface*) erabiltzailearen interfaze nagusia da, normalean ordenagailu bat. Hau finkoa izan daiteke; edo azpiestazio automatikoetan ordenagailu eramangarri bat konektatzeko aukera egon daiteke.
- **Azpiestazioko unitate zentrala:** azpiestazio osoa kontrolatzen duen unitatea da. Gainera, sarritan HMI funtzioa ere hartzen du, normalean ordenagailu industrial bat

- baita. Antzina, kontrolaz RTUa arduratzen zen, eta HMIa beste gailu independente batean zegoen. Gaur egun, RTUa eta HMIa batzen ditu azpiestazioko unitate zentralak.
- **Komunikazio busak:** azpiestazioko gailuak elkarren artean konektatzen dituzten kableak dira. Hainbat motatakoak izan daitezke, besteak beste RS-232 edo Ethernet. Azkenaldian zuntz optikoa erabiltzeko joera dago, azpiestazioko zarata elektromagnetikoak ez baitio eraginik egiten, kobrezko konexioei ez bezala.
  - **Urrutiko SCADA sistemara lotura:** urrutiko kontrol gainbegiraketa eta datu bilketa sistemekin (SCADA, ingelesez *Supervisory Control And Data Acquisition*) komunikatzen den sistema, hau da, urrutiko kontrol-zentrora. Funtzio hori espresuki betetzen duen gailu bat izan daiteke, ala HMIaren edo IED baten zereginen parte.

## 2.5.2. Komunikazioa

### 2.5.2.1. Komunikazio-mailak

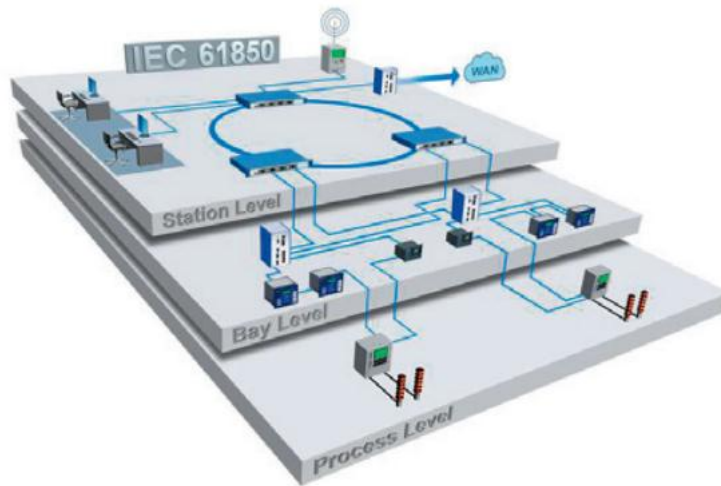
Azpiestazioetako komunikazioa hiru mailatan bana daiteke; lau mailatan kanpoalderako konexioa gehitzen badiogu.

Lehen mailari **prozesu-maila** deritzo. Maila honetan azpiestazioko ekipamendu primarioaren eta automatizazio-sistemaren arteko interfazea aurkitzen dira. Ekipamendu primarioa deritze gailu mekaniko, elektriko edota analogikoei; besteak beste korrante- edo tentsio-transformadoreak, etengailuak, ebakigailuak eta abar. Maila honen kontrola ekipamendu horren eragilearen esku dago.

Bigarren maila **posizio-maila** da. Posizioaren babes- eta kontrol-sistemaz arduratzen diren elementu guztiek osatzen dute. Gailu batek ala gehiagok gauza ditzakete funtzio horiek, azkenaldian funtzio guztiak gailu bakarrak egiteko joera badago ere, IEDak normalean. Maila honek prozesu-mailarekin kontaktu zuzena dauka eta honetatik informazioa eskuratzen du. Gorantz, azpiestazioko unitate zentralarekin dago kontaktuan.

Hirugarren maila **azpiestazio-maila** da. Kontrol-gelan kokatuta egon ohi da, eta azpiestazio osoaren kontrola eta maneia egin daiteke bertatik, HMIaren bidez. Azpiestazioko unitate zentrala maila honetan dago.

Azkenik, esan den moduan, urrutiko kontrol edota gainbegiraketa zentroekiko komunikazioa dago. Maila hau lan honen helburuetatik kanpo dago.



7. irudia. Goitik behera azpiestazioko, posizio eta prozesuko komunikazio-mailak adierazten dituen eskema. Iturria: Hirschmann.

### 2.5.2.2. Sarearen arkitektura

Esan den moduan, SASetako gailu adimendunak komunikazio-sare batera konektatzen dira. Sare hauek bi konexio-topologia izan ditzakete: zentralizatu ala sakabanatu. Automatizazio-sistemak garatzen hasi zirenean, zentralizatuak ziren denak, teknologiak ezartzen zituen mugen ondorioz. Gaur egun topologia sakabanatu ere erabiltzen da, non IEDak prozesadore lokaletara konektatuta dauden. Era berean, prozesadore lokal guztiak gizaki-makina interfaze batera konektatzen dira; eta posible da tokian bertako edo urrutiko SCADA batera ere konektatuta egotea, sareko kontrol orokorra izateko.

Aipatutako konexio-topologiaren arabeko arkitektura-motetan sakonduko dugu:

Motetako bat arkitektura zentralizatu da. Bi mota aurki daitezke: HMIdunak eta RTUdunak.

**HMIdun arkitektura zentralizatu**etan gizaki-makina interfazea duen ordenagailuak berak dauka kontrol- eta automatizazio-*softwarea*, eta IEDekin konexio zuzena dauka. SCADArekin konexioa ere ordenagailu berean egon ohi da; kasu batzuetan, hala ere, posible da beste gailu independente batean egotea, HMIaren ordenagailuko prozesadoreari gaitasun gehiago uzteko, bereziki SCADArekin komunikazio-protokoloa estandarra ez bada.

Arkitektura-mota honetan posizio-kontrolagailuak ez dira beharrezkoak, azpiestazioko posizioen kontrol-*softwarea* HMI ordenagailuaren parte baita.

Topologia honekin, IED ugari behar izanez gero, HMI ordenagailu ahaltsu bat beharrezkoa da. Normalean kostuak direla eta ordenagailu arrunt bat erabiltzen denez topologia honetako azpiestazioetan, IED kopuruak muga bat izango du. Horrez gain, azpiestazio osoa ordenagailu

baten mende dagoenez, honek hutsegite bat izatekotan eskuzko kontrola besterik ez da geratuko azpiestazioa maneiatzeko.

**RTUdun arkitektura zentralizata**, HMIdunaren hobekuntza da. Topologia hau duten azpiestazioek banatuak dituzte erabiltzailearentzako interfazea eta kontrol *softwarea*. Hain zuzen, azken hau RTU batek dauka, eta horrela HMI ordenagailua ahalmen txikiagokoa izan daiteke. Izan ere, azpiestazioa automatikoa den kasuetan, HMIIa langileen ordenagailu eramangarria izan daiteke.

Aurreko kasuan bezala, posizio-kontrolagailua ez da beharrezkoa kasu honetan ere, azpiestazioko posizioen kontrol-*softwarea* RTUak baitu.

Aldiz, aurreko kasuan baino gailu gehiago konektatzeko aukera dago arkitektura honetan, muga teoriko barik. Posizio ugari egon daitezke mota honetako azpiestazioetan. Hori dela medio, hau izan da tradizionalki azpiestazio handien kontrol-topologia.

Bestalde, **arkitektura sakabanatua** dago. Arkitektura honetan, azpiestazioko posizio bakoitza posizio-kontrolagailu batek kontrolatzen du. Hauek elkarren artean eta azpiestazioko ordenagailu zentralarekin loturik daude komunikazio-busaren bidez. Ordenagailu zentral honek HMI funtzioa har dezake kasu batzuetan, baina ez da beharrezkoa, gizaki-makina interfazea beste ordenagailu batean egon daitekeelako. Honelako azpiestazioak edozein tamainakoak izan daitezke.

Posizio-kontrolagailuen arteko konexioa hainbat motakoa izan daiteke. Hauetatik sinpleena **izar-konexioa** da, zeinean posizio-kontrolagailu guztiak ordenagailu zentralera konektatuta dauden. Denetatik merkeena da, baina bi desabantaila ditu: alde batetik, lotura bat hautsiz gero, bere posizio-kontrolagailuaren urrutiko kontrola galtzen da. Bestalde, ordenagailu-zentralaren konexio-mugak ezarriko du azpiestazioak izan dezakeen posizio kopurua.

Asko erabiltzen den beste topologia bat **eraztun-konexioa** da. Konexio-mota honetan gailu bakoitza beste bi gailurekin loturik dago, eraztun bat osatuz. Horrela, gailu bakoitza sareko beste guztiekin komunika daiteke. Kasu honetan, konexioren batean akatsen bat gertatuz gero, gailu guztiek sarean jarrai dezakete, beste bidetik komunikatuz. Eraztun batean gailu gehiegi badago, posible da hainbat eraztun osatzea, euren arteko lotunea HMIIa izanik. Horrela, izar-konexioak zituen arazoak konpontzen dira. Alde txarra da topologia honek kostu handiagoa daukala. Beraz sisteman fidagarritasun oso handia behar denean soilik erabiltzen da.



### **2.5.2.3. OSI ereduak**

OSI Estandarizatorako Nazioarteko Erakundeak (ISO) gailuen arteko komunikazioa errazteko sortu zuen eredu deskriptiboa da. Jarraian azaldu egingo da, lan honetako ondorengo puntuetan aipatu egingo baita.

Sistemen komunikazio-funtzioak estandarizatzen ditu OSI ereduak, bere barneko teknologia eta egituran sartu gabe. Ereduak zazpi geruza definitzen ditu eta geruza bakoitzak goiko eta behekoarekin soilik egiten du lan. Geruza bakoitzak datu-transmisioaren fase bakoitzean informazioa nola tratatzen den definitzen du.

#### **1. maila: geruza fisikoa**

Konexio fisikoen geruza da. Geruza honek datuak bidaltzeko zein medio erabiltzen den definitzen du (kableak, haririk gabeko konexioa, zuntz optikoa...), bai eta konektore-motak ere. Era berean tentsio eta korrante-mailak, edo ezaugarri optikoak ere defini ditzake, medioaren arabera.

Ohikoa den medio bat, batez ere Ethernet konexioetan, pare txirikordatzeko kablea da, muturretan RJ45 motako konektoreak dituena. Kable hau erradiazio elektromagnetikoaren aurka aluminiozko pantaila batez babestuta egon daiteke ala ez. Babes-pantaila gabekoek UTP dute izena; babestuak, berriz STP eta hainbat kategoriatakoak izan daitezke, euren babes gehigarriaren arabera. STP motako kableak sarri erabiltzen dira azpiestazioetan, erradiazio elektromagnetiko handiko inguruneak baitira. Zuntz optikoa ere gero eta ohikoagoa bihurtzen ari da, honi zarata elektromagnetikoak ez baitio eragiten.

#### **2. maila: lotura-geruza**

Geruza honetan geruza fisikotik datozen bit-ez osatutako datu-paketeak definitzen dira eta mezuen hasiera eta amaiera markatzen dira. Geruza honetan erabiltzen diren estandarrek marka horiek ez direla datutzat hartzen ziurtatu behar dute, bai eta paketeetan egon daitezkeen akatsak bilatu ere.

Maila honetan erabiltzen den ohiko protokoloa Ethernet da. Protokolo honek sare-geruzatik datozen datu-paketei gailuen helbideak eta beste datu batzuk gehitzen dizkie.

#### **3. maila: sare-geruza**

Honen helburua datuak sarean zehar jatorritik helmugara ailegatzea da. Bi gailuren artean ez dago beti konexio zuzen bat eta horregatik maila honetan datu-paketeak bideratu egiten dira, gailuen sareko eta azpisareetako helbideen bidez.

Geruza honetako ohiko protokolo bat IP da. Honek datu-multzoei jatorriaren eta helmugaren helbideak, eta beste hainbat informazio gehitzen dizkie helmugara ondo heldu daitezen. Maila honetan lan egiten duen gailu baten adibidea *router*-a da.

1. taula. OSI ereduko geruzak. Iturria: *Network Protection & Automation Guide (Alstom Grid)*

Geruza-motak	Datu-unitatea	Geruza	Funtzioa
Gailu-geruzak	Datua	7 Aplikazio-geruza	Erabiltzailearekin interakzioa
		6 Aurkezpen-geruza	Datuen aurkezpena eta enkriptatzea
		5 Saio-geruza	Gailuen arteko komunikazioa
	Segmentua	4 Garraio-geruza	Muturren arteko komunikazioa eta fidagarritasuna
Euskarri-geruzak	Datagrama	3 Sare-geruza	Helbideratze logikoa
	Trama	2 Lotura-geruza	Helbideratze fisikoa
	<i>Bit</i> -a	1 Geruza fisikoa	Euskarria, seinalea eta transmisio bitarra

#### 4. maila: garraio-geruza

Geruza hau ez da datuen transmisioaz arduratzen, baizik eta jatorrian eta helmugan lan egiten du. Honen ardura da datu-paketeak ordenaturik eta informazioa galdu barik jasotzea, besteak beste. Protokolo batzuk oso sinpleak dira eta saretik jasotako datuak dauden moduan jasoko ditu; beste batzuk ordea konplexuak dira eta paketeak ordenatzeaz arduratuko dira, errorerik ez dagoela frogatuko dute eta bidaltzaileari paketea ondo heldu dela jakinaraziko diote, beste hainbat zereginen artean.

Geruza honetako ohiko protokoloen artean daude TCP eta UDP. Lehena bigarrena baino konplexuagoa eta fidagarriagoa da. Geruza honen jardura transmisioaren hasieran eta bukaeran kokatutako gailuetan gauzatzen da, ordenagailuak normalean; azpiestazioen kasuan, hauek IEDak izango lirateke.

#### 5. maila: saio-geruza

Geruza honek komunikaziorako ezinbestekoak diren zerbitzuak eskaintzen ditu. Hasteko, igorlearen eta hartzailearen arteko sesioa sortzeaz, erabiltzeaz eta amaitzeaz arduratzen da. Horrez gain, komunikazioen arteko konkurrentziaren kontrola egiten du, bi konexio kritiko aldi berean ez gertatzeko. Azkenik, kontrol-puntuak ezartzen ditu komunikazioan zehar, konexioa etenez gero puntu horretatik berrezartzeko eta era horretan hasieratik berriz hasi behar ez izateko.

#### 6. maila: aurkezpen-geruza

Aurkezpen-geruza informazioaren errepresentazioaz arduratzen da. Aplikazio-geruzako datuak saio-geruzarentzat ulergarriak egiten ditu, eta alderantziz. Honen adibidea ASCII izan daiteke, zeinek 8 biteko kode bitarrak karaktere irakurgaiekin erlazionatzen baititu. Gainera, maila honetan konprimatzen eta zifratzen dira datuak, hori behar izanez gero.

#### 7. maila: aplikazio-geruza

Hau da OSI ereduaren gorengo maila. Erabiltzailea sistemarekin komunikatzea da honen helburua eta maila honetan daude FTP (fitxategiak transmititzeko), HTTP (web nabigatzaileentzako), POP3, SMTP (posta elektronikorako) eta antzeko protokoloak. Maiz, erabiltzailearen eta protokolo hauen artean ordenagailu-programak daude, gehiegizko konplexutasuna saihesteko.

#### 2.5.2.4. Komunikaziorako konexioak maila fisikoan

Azpiestazioetako gailuek hainbat medio fisiko erabil ditzakete komunikatzeko. Erabilienak EIA-232, EIA-485 eta Ethernet estandarrak dira. Antzina konexio hauek konexio metalikoz egiten ziren; baina gaur egun zuntz optikoaz funtzionatzeko aldaketak egin dira estandarretan. Hiru kasuak serie konexioak dira; hala ere, Ethernet-en abiadura handiaren ondorioz, kasu berezia kontsideratzen da, eta serie-konexio adiera EIA estandarrekin lotzen da normalean, Ethernet kanpoan utziz.

Jarraian hiru estandarrak azalduko dira.

**EIA-232**-ri dagokionez (RS-232 izenez ere ezaguna), bi gailuren arteko *full duplex* serie-komunikazioa ahalbidetzen du, hau da, komunikazioa aldi berean bi norabidetan gertatzea. Gehienetan ez da erabiltzen 9600 bit/s baino abiadura handiagoetan, eta gehienez 20 kb/s transmititu dezake. Horrez gain, distantzia oso txikietan soilik erabiltzen da, ez baitu zarataren aurkako isolamendurik. Azpiestazioetan arazo handiak sor ditzake konexio-mota honengan zarata elektromagnetikoak, eta beraz zuntz optikorako bihurgailuak erabiltzen dira.

Gailu batetik besterako konexioa besterik ez duenez ahalbidetzen, azpiestazioetan ez da automatizazio-sistemetan erabiltzen normalean; baizik eta SCADA sistemetarako konexioetan soilik.



8. irudia. EIA-232 konektorea. Iturria: Wikimedia Commons.

**EIA-485** (RS-485) estandarrak, berriz, honek bi hariko *half-duplex* serie-konexioa darabil, hau da, bi norabidetako transmisioa egin dezake, baina ez aldi berean. 64 kb/s-ko abiadurak lor daitezke konexio-mota honekin. EIA-485-ek hainbat gailu sare berean konektatzeko aukera ematen du, eta beraz EIA-232 baino erabilgarriagoa da azpiestazioetako automatizazio-sistemetan. Kable mota hau isolatu egin daiteke. Datu-transmisioak kilometro bateko distantzia-muga du normalean; eta praktikan 32 gailu konekta daitezke mota honetako sareetan, teorikoki mugarik ez badago ere. Sare sinpleak, merkeak eta kostu egokikoak egin daitezke estandar honen bidez.

**Ethernet**, bestalde, sare-estandar bat da, gailuen LAN (sare lokal) konexioa definitzen duena. Hain zuzen, sare mota hauetan gehien erabiltzen den teknologia da. Azaldutako beste konexioak baino askoz abiadura handiagoak ahalbidetzen ditu; estandarrak 10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s eta 10Gb/s dira; eta ehunka Gb/s-ko abiadurak ere lor daitezke kasu batzuetan. Konexio elektrikoak RJ45 konektorearen bidez egiten dira, baina badago zuntz optikoa erabiltzea ere, LC edo ST konektoreen bidez. Azken aukera hau da gomendagarriena azpiestazioetan, abiadura oso handiko datu-transmisio fidagarria ahalbidetzen baitu.



9. irudia. LC (goian) eta ST (behean) konektoreak. Iturria: Wikimedia Commons.

Ethernet estandarrak OSI ereduko geruza fisikoaz gain (1. geruza), lotura-geruza (2. geruza) ere deskribatzen du. Bigarren geruza honetan, MAC helbideen bidez bideratzen dira datuak; gailu bakoitzak fabrikatzerakoan esleitzen zaion MAC helbide bakarria dauka.

Ethernet gailuak elkarren artean lotzeko *hub*-ak, *switch*-ak eta *router*-ak (euskaraz hurrenez hurren *kontzentratzaile*, *kommutadore* eta *bideratzaile* izenez ere baderitze) erabiltzen dira.

*Hub*-ek OSI ereduko 1. geruzan, geruza fisikoan, funtzionatzen dute gailu batek bidalitako datu-multzoak gainerako gailuei transmitituz. *Hub*-etan datu-talkak gerta daitezke bi gailuk edo gehiagok informazioa batera bidaltzen badute. Horregatik ez dira egokiak fidagarritasun handia behar den sistemetan, azpiestazioetan adibidez.

*Switch*-ek OSI ereduko 2. geruzan, lotura-geruzan, lan egiten dute. *Hub*-ek ez bezala, datu-multzoak batera jasotzen badituzte, gorde egiten dituzte eta bidea libre dagoenean hartzaileari bidaltzen dituzte. Hauek erabiltzen dira azpiestazioen sareetan.

*Router*-ek OSI ereduko 3. geruzan, sare-geruzan, funtzionatzen dute eta euren zeregina aurreko bi gailuekiko desberdina da. *Switch*-en antzekoak dira, baina gainera sare lokalen eta hedadura zabaleko sareen arteko lotura gisa jokatzen dute.

Sare-konexioetan topologiarik ohikoenak eraztun erakoa eta izar erakoa dira. Lehen kasuan, gailu bat beste bati konektatuta dago kate bat osatuz, eta azkena lehenengoari konektatzen zaio. Izar-konexioaren kasuan, berriz, gailu guztiak gailu berberari konektatuta daude. Ethernet izarrean oinarritutako sarea da naturaz, esan bezala *hub*, *switch* edo *router* bat izanik erdigunea. Izan ere, hasiera batean ezin zen eraztun-erako konexiorik egin, arazoak sor zitezkeelako; gaur egun hau ahalbidetzeko teknologia badago, hala ere. Lan honetan, dena den, izar itxurako topologia erabiliko da azpiestazioan.

### 3. LANAREN HELBURUAK ETA IRISMENA

Lan honen helburu nagusia IEC61850 estandarrean oinarritutako azpiestazio baten automatizazio-sistemaren diseinua egitea da, babes-sisteman zentratuta. Hau gauzatzeko, lanak helburu zehatz hauek ditu:

1. SASen gaiaren egoeraren azterketa egitea, IEC61850 estandarrean zentratuz. Sistema hauen abantailak aztertuko dira, bai eta estandar zehatz horrenak ere, erabiltzen diren beste estandar batzuekin alderatuz.
2. Iberdrolaren ereduak azpiestazio baten automatizazio-sistemaren babes zatiaren diseinu orokorra proposatzea. Erabiliko diren gailuetako bi Ingeniaritza Elektrikoko Sailean dauden General Electric-en Multilin 345 eta Multilin 350 erreleak izango dira, hurrengo helburua betetzeko asmoz.
3. Egindako diseinuko 20 kV-ko zatiko irteerako lineako erreleen eta transformadoreko erreleen arteko komunikazioa definitzea, hautakortasuna era azkarragoan gauzatzeko blokeo-sistema bat ezarriz IEC61850 estandarrak definitzen dituen GOOSE mezuak erabilita. Hain zuzen, mezu hauek konfiguratuko dira, General Electric-en EnerVista programa erabiliz. Ezarriko den konfigurazioarekin, gainintensitate bat agertzean non gertatu den determinatuko da, eta ahalik eta modurik azkarrenean hautakorra izaten saiaturiko da, linean gertatu bada, *uretan gorako* transformadoreko errelea blokeatuz, honek aktua ez dezan eta lineakoak moz dezan korrontea.
4. Konfigurazio hau Ingeniaritza Elektrikoko Saileko laborategian frogatzea, alde batetik egokia den eta akatsik ez duen frogatzeko, eta bestalde komunikazio honek dituen abantailak azpimarratzeko.

Lan honen irismenetik at geratuko dira hurrengo hauek:

- Automatizazio-sistemaren diseinuan azpiestazioak kanpoaldeko kontrol-zentroarekiko komunikazioa.
- Irteerako lineetakoak eta transformadorekoak ez diren gailuen komunikazioen konfigurazioa.
- GOOSEez gain, IEC61850 estandarrak ematen dituen komunikatzeko gainerako aukeren konfigurazioa.

## 4. LANAREN ONURAK

### 4.1. Azpiestazioen automatizazio-sistemen onurak

Azpiestazioen automatizazioak onura ugari ditu. Hasteko, gailuak datu-sarera konektatzen direnez, erabili beharreko kable kopurua nabarmen gutxitzen da, azpiestazioko zati bakoitzaren datuak saretik transmititu daitezkeelako; antzina hau gailu guztiak konektatzen zituzten kobrezko kablez egin behar zen. Ondorioz, kableen gutxitze honek kostuak murrizten ditu. Gainera kable multzo handiak izateak toki handiagoa hartzen du azpiestazioetan eta konplikatu egiten ditu aldaketa- edo konponketa-lanak.

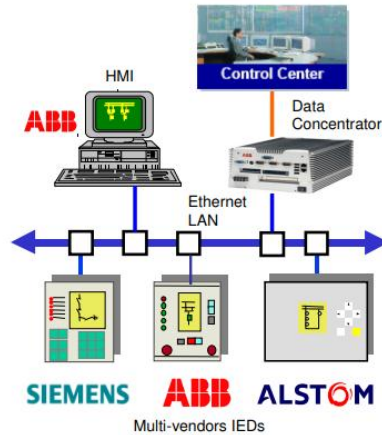
Horrez gain, azpiestazioaren elementu guztien kontrola eta monitorizazioa ahalbidetzen du tokian bertatik; edota urrutitik, kontrol-zentro batetik.

Automatizazioa oso egokia da azpiestazio handietan. Izan ere, horietan egiten diren maniobra eta sekuentzia konplexuak era nabarmenean sinplifikatu daitezke matematikoki adieraziz eta ordenagailuetan programatuz. Horregatik, 70. hamarkadatik gaur egunera gero eta gehiago erabili dira sistema hauek. Azken hogeita hamar urteetan batez ere, gailu digitaletan izan diren aurrerakadek eta kostuak murrizteko beharrek azpiestazioen automatizazio-sistemak azpiestazioen babes eta kontrolerako soluzio egokiena bilakatu ditu.

### 4.2. IEC61850 estandarraren onurak

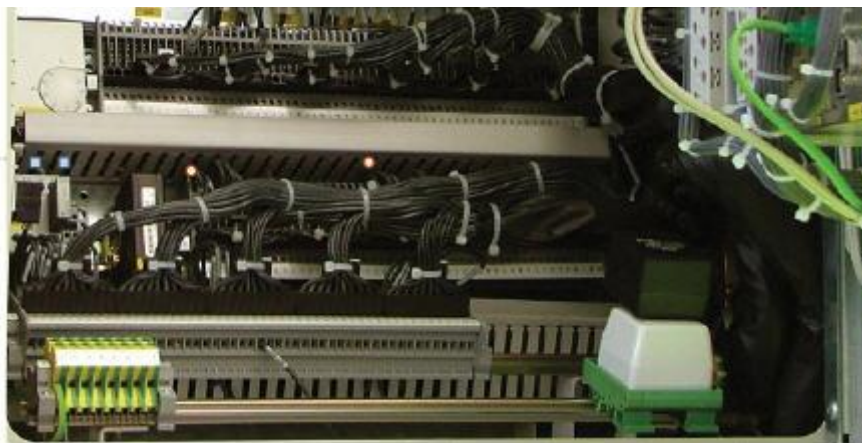
Lan honetan IEC61850 estandarrarekin egingo da lan. Hau aukeratu izanaren arrazoia eskaintzen dituen abantailak dira. Estandar hau zehaztasunez aztertuko da gaiaren egoerari buruzko atalean; baina laburki azaltzearren azpiestazioetako komunikazioak definitzen dituen estandar irekia da, fabrikatzaile desberdinen arteko interoperabilitatea duena helburu gisa.

Esan den moduan, IEC61850ren abantaila nagusia fabrikatzaile desberdinen gailuen arteko konexioa baimentzen duela da. Era honetan, azpiestazioen automatizazio-sistemak ez daude fabrikante bakar baten produktuaren mende. Horri esker sistema hauetan aukera berriak agertzen dira eta aurrerapauso handia da hauen diseinurako. Gainera hainbat fabrikatzailearen gailuak erabiltzeak kostuak gutxitzea ahalbidetu dezake. Era berean, ekipoak aldatu behar direnean arazo gutxiago ematen ditu estandar honek erabiltzeak. Sare batera gailu bat gehitzea ere ezin errazagoa egiten du IEC61850ek, horrelako sareetan hau egiteak ez baitu eraginik gainerako gailuetan.



10. irudia. IEC61850 estandarrak baimentzen duen interoperabilitatearen adibidea. Iturria: ABB.

Gainera GOOSE deritzen seinale-mota berri bat definitzen du estandar honek. Seinale hauen bidez azpiestazioko sare lokalera bidal daitezke IEDen datuak, sareko beste gailu guztiek jaso ditzaten. Hau da, honek IEDen arteko komunikazio horizontala ahalbidetzen du, erreleen artean kable gehigarriak jartzea ekidinez. Hain zuzen ere, GOOSErik gabe erreleen koordinazioa eskatzen duten sistemak egiteko, erreleen artean kable-multzoak jarri behar dira, kostuak handituz, bai eta konplexutasuna ere (11. irudia).



11. irudia. IEDen arteko ohiko kable-multzoak. Iturria: pacw.org.

GOOSE mezuek, geroago azalduko denez, abiadura handian igortzeko ahalmena dute, OSI ereduko geruza batzuetatik pasa gabe eta lehentasuna daukate beste seinale batzuekiko. Hau erabilgarria da gailu batek premiazko mezu bat bidali behar duenean sarera, adibidez akats elektriko bat detektatzean; kasu horretan lehenbailehen erantzutea ezinbestekoa baita.

Bestalde, estandar honek objektuetara orientaturiko datu-eredu berri bat ezartzen du, azpiestazioaren zatiak eta funtzioak era maneiagarri eta sinplean banatuz.



IEC61850ek duen beste abantaila bat sistema martxan jartzeko kostu txikiagoa daukela da, izan ere estandar honekin bateragarriak diren gailuek ez dute eskuzko konfigurazio gehiegirik behar. Honi esker erroreak eta berrikusteak ere gutxitzen dira.

Amaitzeko, arau honen formatu eta protokolo estandarrek erraz egiten dute azpiestazioaren sare lokalera konektatuta honen datu guztiak jasotzea behar izanez gero.

## 5. GAIAREN EGOERAREN AZTERKETA

Aurreko atalean esan den moduan, gaur egun, azpiestazioak automatizatzeko joera handia dago, hau baita kostu eta sinpletasun aldetik eman daitekeen soluziorik egokiena, azaldutako abantaila guztiak ahaztu gabe. Egia da oraindik ere badirela azpiestazio zaharrak eta horietan konplexua da automatizazio-sistemak inplementatzea, baina esan bezala gaurko egunez arraroa da azpiestazioak ez automatizatzea.

Bestalde, automatizatutako azpiestazioetan orain gutxi arte fabrikatzaile bakoitzak bere protokoloa erabiltzen zuen. Horren ondorioz, zailtasunak zeuden marka desberdineko ekipoak elkarren artean komunikatzeko. Horrelako arazoaren soluzioa protokolo librean erabiltzea da. Hala ere, hainbat protokolo erabiltzen dira gaur egun, bakoitzak bere ezaugarriak dituela.

Arazo honi soluzioa eman nahi izan zaio IEC61850 estandarra sortuz, ondoren azalduko denez.

Jarraian egun azpiestazioetan erabiltzen diren komunikazio-estandar garrantzitsuenak azalduko dira.

### **IEC60870-5**

IEC60870 sistema elektrikoaren urrutiko kontrolerako erabiltzen diren sistemak definitzen duen IECren estandar multzo bat da. Bosgarren zatia sistemen arteko datu-transmisioa arautzen du. Honetatik IEC60870-5-101 eta IEC60870-5-104 ezagunak dira; baita IEC60870-5-103 ere. Lehenengo biek urrutiko kontrol-eginkizunak arautzen dituzte eta bigarrenak bereziki sarerako konexioa arautzen du; hirugarrena, azpiestazioko babes-sistemako eta kontrol-sistemako gailuen arteko komunikazioa arautzen du. OSI ereduaren 3 geruzako bertsio sinplifikatua erabiltzen du (aplikazio-geruza, lotura-geruza eta geruza fisikoa).

Urrutiko kontrol-zentroarekin komunikatzean 64 kb/s arteko datu-transmisio abiadurak izatea ahalbidetzen du, eta ez dio komunikazio-distantziari mugarik jartzen.

Azpiestazio barneko komunikazioei dagokionez, abiadurak 19200 kb/s arte hel daitezke eta komunikazioa serie-konexioz edo Ethernet bidez egin daiteke; kobrez edota zuntz optikoz. Komunikazio-sistema honek 256 gailuko muga dauka.

Hala ere, gaur egun IEC60870-5-104 araua askotan erabiltzen da azpiestazioen eta urrutiko kontrol-zentroen arteko komunikazioan; eta momentuz ez dirudi aldatuko denik, oraindik IEC61850 araua ez delako komunikazio mota horretarako erabiltzen. Hala ere, lan honetan ez da azpiestazioko kanpo-konexioez jardungo. Azpiestazio barnean, aldiz, gaur egun IEC60870-5-103 da erabiltzen den protokoloetako bat. Azpiestazioko babesgailuak

kontrol-unitatearekin konektatzea ahalbidetzen du, serie konexioz, baina baita zuntz optikoz ere.

Printzipioz, arau honek saltzaile desberdinen arteko gailuen arteko konexioak egitea ahalbidetu beharko luke. Arazoa da mezuak protokolo pribatuz ere bidaltzea ahalbidetzen duela. Hasiera batean hau abantaila dela pentsa daiteke, funtzionalitate handiagoa ematen baitio. Aitzitik, honek fabrikatzaile desberdinen arteko gailuen konexioari trabak jartzen dizkio. Azken batean, ezaugarri honek estandar hau estandar pribatu multzo bilakatu du.

### **DNP3**

1990ko hamarkadan garatutako komunikazio-protokolo multzoa da eta elektrizitate- eta ur-enpresek erabiltzen dute batez ere. Gaur egun Ipar Amerikan, batez ere, oso hedatuta dago. Azpiestazio barneko eta kanpoko konexioa ahalbidetzen duen estandar ahaltsua da. Serie- eta Ethernet-konexioak baimentzen ditu.

### **Modbus**

Modicon enpresak sortu zuen 1979an, garaiko kontrolagailu logiko programagarrientzako. Serie-konexioetan edota Ethernet konexioetan erabili daiteke. Gaur egun hainbat industrian erabiltzen da, eta oso zabalduta dago.

### **IEC61850**

IEC61850 azpiestazioetako IEDen arteko komunikaziorako protokoloak definitzen dituen nazioarteko estandarra da. Hasieran esan den bezala, fabrikatzaile desberdinen gailuen arteko interoperabilitatea baimentzeko sortu zuen Nazioarteko Batzorde Elektroteknikoak (IEC). Izan ere, azpiestazioen komunikaziorako protokolo ugari daude, bai estandarrak, bai erregistratuak, eta denak bateratzeko beharra zegoen.

Estandar honi esker, azpiestazioen kontrol-sistemen elementuen hautaketa ez dago fabrikatzaile bakar batek ematen duen soluzioaren mende: hainbat fabrikatzailearen gailuak batera konekta daitezke, edota bata beste batengandik aldatu, beharrezkoa bada. Honek azpiestazioen automatizazioan pausu handi bat suposatu du eta kostuak murriztea ekarri du.

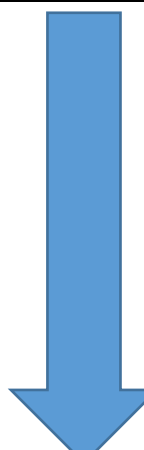
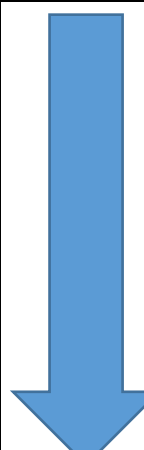

Azpinarratu beharra dago IEC61850 ez dela komunikazio-protokolo soil bat. Izan ere estandar honek azpiestazio baten kontrol- eta babes-sistemak diseinatzeko, mantentzeko eta erabiltzeko beharrezkoak diren alderdi guztiak zehazten ditu.

Zehazten duen beste alderdietako bat ekipoek erabiltzen dituzten datuak nola antolatu da, gailu guztiek era berean erabil ditzaten. Hori da, izan ere, estandar honen ezaugarri

garrantzitsuenetako bat: definitzen duen datu-eredu berritzailea. Objektuetara eta funtzioetara orientaturiko datu-eredua da, zeinak azpiestazioa oinarriko funtzioetan banatzen duen. Estandar honek *nodo logikoak* definitzen ditu, zeinek era birtualean funtzioak edo gailuak adierazten dituzten. Nodo logiko bakoitzak ondo antolatutako eta izendatutako informazio-zerrenda bat dauka. Nodo logiko multzo batek *gailu logikoak* osatzen dituzte; eta hauek, era berean, *gailu fisikoen* parte dira. Eredu honi esker, gainera, ekipoek dauzkaten datu guztiak deklarazten dituzte sarean, eta beste edozeinek atzitu ditzake datu hauek.

Bestalde, IEC61850k GOOSE seinaleak bidaltzeko gaitasuna ematen du. Seinale hauek oso azkarrak dira (4 milisegundo baino gutxiago) eta babeserako erabiltzen dira. Babes-sistema tradizionalen aurrean erantzun askoz azkarragoa izatea ahalbidetzen du honek. Adibidez, oso suntsitzaileak izan daitezkeen arku elektrikoek babesteko erabilgarriak dira: erantzuna azkarrago ematea lortzen da, eta beraz ondorioak hain larriak ez izatea lortzen da.

2. taula. IEC61850 estandarraren protokolo-multzoa OSI geruzen arabera. Iturria: Network Protection & Automation Guide (Alstom Grid).

7 Aplikazio-geruza	MMS		SV	GOOSE	SNTP
6 Aurkezpen-geruza	Konexiora orientatua				
5 Saio-geruza					
4 Garraio-geruza	TCP	ISO			UDP TCP
3 Sare-geruza	IP				IP
2 Lotura-geruza	Ethernet				
1 Geruza fisikoa	Hari-bikote txirikordatua / Zuntz optikoa				

Aipatu den moduan, IEC61850 ez da komunikazio-protokolo soil bat, estandar oso bat baizik. IEC61850 estandarrak aurretik existitzen ziren protokoloak darabiltza komunikazioetarako. 2. taulan OSI ereduaren arabeko protokoloen sailkapena ageri da. Ikusten den moduan, bidali nahi den mezuaren larritasunaren arabera, protokolo batzuk edo besteak erabil daitezke; OSI

geruza guztietatik pasaz, ala ez. Mezuak oso premiazkoak ez badira, MMS estandarren bidez bideratzen dira azpiko geruzetara, beste protokolo batzuetatik pasaz. Aldiz, aipatu berri dugun GOOSEen kasuan, zuzenean lotura-geruzara bidaltzen da, denbora irabaziz. Gauza bera gertatzen da SVekin, zeinak 4 milisegundoro sarera emititzen diren tentsioen eta korronteen balioak diren, ohiko kobrezko kable analogikoak ordezkatur. SNTP, bere aldetik, gailuek ordua sinkronizatzeko erabiltzen da, eta informazio hau zuzenean bidaltzen da garraio-geruzara.

Esan beharra dago, hala ere, gaur egun oraindik estandar hau azpiestazio barnean soilik erabiltzen dela, etorkizunean azpiestaziotik urrutiko kontrol-gunerako konexiorako erabiltzeko planak badaude ere. Oraindik ere konexio hori egiteko IEC60870-5-103 edo DNP3 erabiltzen dira, azpiestazio barnean IEC61850 erabilita ere.

## 6. ALTERNATIBEN ANALISIA

Atal honetan lan honek ardatz dituen puntuek zein alternatiba duten aztertuko da. Hain zuzen ere, hasteko azpiestazioen automatizazio-sistemei buruz jardungo da, labur; ondoren IEC61850 protokoloaz; eta bukatzeko, lan honetan programatuko diren GOOSE seinaleek izan ditzaketen alternatibak aztertuko dira.

### 6.1. SASen ordezeko aukerak

Azpiestazioko automatizazio-sistemei dagokienez, gaur egun esan daiteke alternatiba bakarra direla azpiestazio handietan; aurreko ataletan adierazi den moduan onura ugari baititu. Izan ere, ez luke zentzurik izango automatizatu eta digitalizatu gabeko azpiestazio bat egitea gaur egun (handia bada, gutxienez), urrutiko kontrol eta gainbegiratzea ez izateaz gain, jarri beharko lirakekeen kobrezko kable kopuru handia dela eta; lehenago azaldutako gainerako onurak ahaztu barik.

### 6.2. IEC61850ren ordezeko aukerak

IEC61850 estandarrari buruz, aurreko atalean azaldu da badirela beste estandar eta protokolo antz. Izan ere, hauek gaur egun asko erabiltzen dira oraindik ere. Beraz, posible izango litzateke lan honetan DNP3 edo IEC60870 estandarrez funtzionatzen duen automatizazio-sistema bat diseinatzea, baina ez litzateke IEC61850ek eskaintzen dituen abantailak izango: besteak beste, alde batetik, fabrikanteen arteko bateragarritasuna zaila litzateke. Eta are garrantzitsuagoa dena, lan honetan aipatutako bateragarritasuna ez baita ezinbestekoa, ezingo litzateke GOOSE mezurik bidali. Eta lan honen oinarri garrantzitsua dira seinale hauek.

### 6.3. GOOSEen ordezeko aukerak

Hain zuzen ere, azaldu denez, lan honetako helburuetako bat azpiestazioko 20 kV-ko eremuan irteerako lineetako eta transformadoreetako erreleen arteko GOOSE seinale bat konfiguratzeko da. Honek gainintentsitate baten aurrean era azkarrean eta hautakorrean barra eta irteerako lineak babestuko ditu. Gainintentsitatea linean eta transformadorean detektatzen bada, esan nahi du akatsa linean behera dagoela. Orduan, lineako erreleak blokeo-seinale bat bidaliko dio transformadorekoari, honek gainintentsitate-babesa aktiba ez dezan; lineakoak egingo baitu. Aldiz, horrelako seinalerik jaso ezean, transformadoreko erreleak moztu beharko du korrontea, akatsa barran dagoela esan nahi baitu.

GOOSErik erabili gabe, azaldutakoa egiteko bi alternatiba nagusi daude:

Alde batetik, denbora-atzerapenezko babesa dago. Metodo honetan, *uretan gora* dagoen erreleak –transformadorekoak– denbora-tarte batez itxaron beharko du lineakoari erantzuteko denbora emateko. Ez badu korronea mozten, orduan bai, transformadorekoak ebakiko du. Sistema honek hautakortasuna bermatzen du, baina denbora gehiago eskatzen du babesa aktibatzeke, eta horrek kalte handiagoak eragin ditzake barran akats bat gertatzean. Esan beharra dago GOOSEak erabiltzen diren kasuan ere denbora-atzerapen sistema hau programatzen dela, datu-sareko arazo baten kasuan segurtasunezko babes bat izateko.

Bestalde, badago GOOSEek egingo luketen lana egiteko beste era bat, IEC61850 estandarra erabiltzen ez denean ohiko soluzioa dena. Hain zuzen ere, soluzio hau erreleak euren artean kablez konektatzean datza, blokeo-seinaleak bidaltzeko helburuaz. Honek arazo nabarmena dauka, behar baino kable gehiago jarri behar direla, kostuak eta konplexutasuna handituz. Arestian ikusitako 11. irudian kasu hau ikusten da.

## 7. DISEINUAREN DESKRIBAPENA

Iberdrolaren *MT-NEDIS 2.71.02* kodedun gidaliburu teknikoan definitzen den ereduzko banaketa-azpiestazio batentzako automatizazio-sistemaren diseinu orokorra egingo da atal honetan.

Eranskineko E 1 irudian azpiestazioaren hari bakarreko diagrama agertzen da.

### 7.1. Azpiestazioaren ezaugarri orokorrak

Azpiestazioak 132 kV-ko bi linea ditu sarreran, bakoitza 132 kV / 20 kV-ko transformadore batera konektatuta. Beraz, sarrerako bi barra daude, linea bakoitzeko bat, behar izatekotan beren artean konekta daitezkeenak. Ondorioz, 132 kV-ko sistema bost posiziotan bana dezakegu: lineako bi posizio, transformadoreen bi posizio; eta barren arteko loturaren posizioa. Posizio bakoitzak dituen elementuak honako hauek dira:

- Lineako posizio bakoitzean:
  - Hiru poloko SF6 isolamenduzko etengailu automatiko bat.
  - Bi ebakigailu trifasiko; euretako bat lurrerako konexioarekin.
  - Hiru intentsitate-transformadore.
  - Tentsio-transformadore kapazitibo bat.
- Transformadorearen posizioan:
  - Hiru poloko SF6 isolamenduzko etengailu automatiko bat.
  - Barretara konektatzeko ebakigailu trifasikoa.
  - Hiru intentsitate-transformadore.
  - Polo bakarreko hiru tximistorratz.
- Barren arteko akoplamenduan:
  - Motordun agintedun ebakigailu trifasikoa.

Transformadore bakoitzaren sekundarioa barra simple batera konektatuta dago, gelaxka baten bidez. Barra bakoitzak 12 gelaxka ditu; gainera, bi barrak konektatzen dituen beste gelaxka bat ere badago. Beraz, guztira 20 kV-ko sistemak 25 gelaxka ditu:

- Barrak elikatzeko transformadoreen bi gelaxka, barra bakoitzeko bat.
- Banaketarako lineen irteerarako 16 gelaxka, zortzi barrako.
- Energia erreaktiboa konpentsatzeko bi kondentsadore banku, bat barrako.
- Zerbitzu osagarrietarako transformadore bi, barra bakoitzean bat.
- Tentsioa neurtzeko transformadorerako gelaxka bi, barra bakoitzean bat.
- Barren loturarako gelaxka bat.



Gelaxkei eta euren elementuei dagokienez:

- Irteerako lineak, transformadorea, kondentsadore-bankuak eta barren arteko akoplamendua etengailu automatikoz konektatuta daude barretara.
- Azken elementu hauek, gainera, fase bakoitzean neurketarako intentsitate-transformadorea ere badaramate.
- Irteerako lineek eta kondentsadore-bankuak lurrera konekta daitekeen ebakigailua daukate.
- Zerbitzu osagarrietako transformadorea eta tentsioa neurtzeko zirkuituak apurketa-gaitasun handiko fusiblez daude babestuta.

## 7.2. Azpiestazioaren babes-sistemak

Ondoren azpiestazioak posizio bakoitzean izan beharreko babesak ezarriko dira, parentesi artean euren ANSI zenbakia dutelarik.

132 kV-ko eremuan honako babes hauek aurkitzen dira:

- Lineako posizio bakoitzean:
  - Distantzia-babesa (21), birkonexio automatikoarekin (79).
  - Neutroaren babes direkzionala (67).
- Transformadorearen posizioetan:
  - Gainintentsitate-babesa (50/51), trifasikoa eta neutroa, alderantzizko karakteristikaduna; birkonexio automatikoarekin (79).
  - Transformadorearen babes diferentziala (87).
  - Blokeoa (86).

20 kV-ko eremuan, berriz, hurrengo babesak egongo dira:

- Transformadorearen babeserako:
  - Gainintentsitate-babesa (50/51), trifasikoa eta neutroa, alderantzizko karakteristikaduna; birkonexio automatikoarekin (79).
  - Transformadorearen babes diferentziala (87).
- Irteerako lineen eta barren akoplamenduaren babesak:
  - Gainintentsitate-babesa (50/51), trifasikoa eta neutroa, alderantzizko karakteristikaduna; birkonexio automatikoarekin (79).
- Kondentsadore bankuetan:
  - Gainintentsitate-babesa (50/51), trifasikoa eta neutroa, alderantzizko karakteristikaduna.
  - Gaintentsioen aurkako babesa (59).
  - Azpitentsioen aurkako babesa (27).

Eremu bakoitzeko babes guztiak posizioko unitate zentralak izango ditu, hau da, errele adimendunak berak.

### 7.3. Gainerako baldintzak

Aipatutako babesak izateaz gain, automatizatutako babes-sistema honek honako baldintza hauek beteko ditu:

- IEC61850 estandarra erabiliko du komunikaziorako, batez ere GOOSE seinaleak bidaltzeko.
- IEDen arteko komunikazioak zuntz optiko bidezko Ethernet konexioz burutuko dira, azpiestazioko zarata elektromagnetikoak eraginik izan ez dezan.
- Konexio mota hauetan ohikoa den moduan, topologia fisikoa izar-erakoa izango da, erdian gailuak *switch* batek elkarrekin konektatzen dituelarik.

### 7.4. Soluzioaren deskribapena

Azpiestazioaren babes-sistema errele adimendunez, *switch* batez eta azpiestazioko unitate zentralaz osatuta egongo da.



12. irudia. Azpiestazioko automatizazio-sistemaren konexio-eraketa. Irudien iturria: General Electric eta fs.com.

132 kV-ko eremuko lineetan bi babes dira beharrezkoak: distantzia-babesa eta norabide-babesa. Gainera automatikoki birkonektatzeko gaitasuna beharrezkoa da. Babes hauek dituen, eta aurretik zehaztu diren gainerako baldintzen arabera, General Electric enpresaren **Multilin D30** errelea da egokia. Zuntz-konexioa dauka, eta aukera dauka IEC61850

protokoloarekin bateragarria izateko, hala eskatuz gero. Beraz gehigarri horiekin eskatuko zaio saltzaileari. Bi linea daudenez, horrelako bi gailu beharko dira.



13. irudia. Multilin D30, lineako errelea. Iturria: General Electric.

132 kV-ko aldean, eta baita 20 kV-koan ere, transformadore bakoitza babesteko errele bakarra erabiliko da, bi aldeko babesa eskaintzen duena. Gogoratzearen, beharrezko babesak gainintentsitatea eta babes diferentziala dira, blokeo eta birkonexio aukerekin. Kasu honetarako **Multilin 345** errelea erabiliko da, General Electric-ek fabrikatua. Hau izango da lan honetarako laborategian frogatuko den erreleetako bat. IEC61850 aukerarekin eta zuntz-konexioarekin erosiko da. Bi transformadoreko azpiestazioa denez, horrelako bi erosiko dira.

20 kV-ko eremuan, barratik banaketarako irteten diren lineak babesteko hamasei errele behar dira, zortzi barra bakoitzean. Gainintentsitatez babesteko gai izan behar dute, eta birkonektatzeko gaitasuna ere bai. Baldintza hauek eta eskatutako orokorrak **Multilin 350** erreleak betetzen ditu, General Electric-ek egina, eta lan honetarako laborategian frogatuko dena. Enpresari eskabidea egitean zehaztu behar diren gehigarriak honako hauek dira: birkonexio-aukera izatea, eta IEC61850ekin bateragarria izatea, zuntz optikoz konektatzeko gaitasunaz.

20 kV-ko barren akoplamenduko babeserako ere **Multilin 350** errelea erabiliko da, behar den babesa berdina baita.



14. irudia. Multilin 350 eta Multilin 345 erreleak, Ingeniaritza Elektrikoko Saileko laborategian.

Kondentsadore-bankuaren babeserako, ohiko gainintensitate-babesaz gain, tentsio egokia ematen zaiela bermatzeko gaintentsio eta azpitentsio babesak ere behar dira. Kondentsadore-bankuak babesteko berariaz eginiko erreleak egiten dira. Beraz horietariko bat aukeratuko da. Hain zuzen ere, baldintza orokorrak betetzen dituen erreleetako bat **Multilin C70** da, General Electric enpresarena, berriz ere. Eskabidea egitean IEC61850 protokoloarekin eta zuntz optikoarekin bateragarria izatea zehaztu behar da.



15. irudia. Multilin C70, kondentsadore-bankuko errelea. Iturria: General Electric.

Zerbitzu osagarriari eta tentsio-transformadorei dagokienez, fusibleak erabiliko dira babesgailu gisa, eta beraz ez dira automatizazio-sistemaren parte.

3. taulan, egin diren erreleen aukerak laburbilduta ikus daitezke. Ohar bedi errele hauek funtzio anitzekoak direla, eta beste hainbat babes eta eginkizun eskaintzen dituztela. Horregatik, konfiguratu egin behar dira eta beharrezko funtzioak aukeratu. Lan honetan Multilin 345 eta Multilin 350 gailuentzat soilik egingo da hau.

3. taula. Posizio bakoitzerako aukeratutako erreleak.

Posizioa	Beharrezko babesak	Errelea	Kopurua guztira
Lineako posizioa, 132 kV	21, 67, 79	Multilin D30	2
Transformadoreen posizioa, 132 kV	50, 51, 79, 86, 87	Multilin 345	2
Transformadoreen posizioa, 20 kV	50, 51, 79, 86, 87		
Irteerako lineak eta barren arteko lotura, 20 kV	50, 51, 79	Multilin 350	17
Kondentsadore-bankuak, 20 kV	50, 51, 59, 27	Multilin C70	2

Azpiestazioaren automatizazio-sistemaren zati garrantzitsu bat azpiestazioko unitate zentrala da; jarraian aukeratuko da, hain zuzen. Gailu honek posizio-kontrolagailuetatik (kasu honetan posizio bakoitzeko errele adimendunetatik) informazioa eskuratuko du eta kontrolatzeko gaitasuna izango du. Bestalde, lan honen irismenetik kanpo badago ere, gailu honek urrutiko kontrol-sistemetara konektatzeko gaitasuna izango du. Esan den moduan, beharrezkoa izango da zuntz optikorako lotunea izatea eta IEC61850 estandarrarekin bateragarritasuna. **Multilin C30** kontrolagailua da aukera egokia kasu honetarako. Erosten gehigarri gisa aukeratu beharko dira IEC61850rekin eta zuntzarekin bateragarritasuna, aurreko kasuetan bezala.

Amaitzeko, sarea eratuko duen *switch*-a aukeratzea falta da. Aurreko gailu guztiak gehituz, 24 zuntz konexio behar direla ondorioztatzen da. Zuntz optikozko *switch*-ak ez dira ohikoenak, eta gutxienez 24 sarrera dituen bat aurkitzea ez da erreza. Egokiak diren bi aurkitu dira, prezioa eta ezaugarriak kontuan izanda: bata Lancom markakoa, eta bestea FS markakoa. Lehenak 604 € inguru balio du; bigarrenak 336 €. Beraz, FSren S3800-24F4S *switch*-a aukeratzea erabaki da.

Honenbestez, automatizatutako sistema definitu egin da; honen eskema sinplifikatua 12. irudian ikus daiteke.

Sarea osatuko duen zuntz optikoari buruz, zenbat metro behar diren erabakitzeko Iberdrolaren gelaxkak eta kontrola dauzkan azpiestazioko eraikinaren plano hartuko da oinarri bezala (eranskineko E 2 irudia). Gelaxka bakoitzetik komunikazio-gailuen armairura dagoen distantzia

kalkulatuko da horretarako, baita ondoan dituen horniketa-lineako erreleerako eta azpiestazioko unitate zentralerako distantzia ere, ondoren batuketa egiteko. 20 kV-ko gelaxken eta kontrol-zentroaren eraikinaren planoaren eranskineko dago ikusgai. Kontuan izanik *switch*-etik gelaxketako bakoitzera batz besterik 16 metro beharko direla, eta horrelako 21 konexio daudela, gelaxketarako zuntz optikozko kable distantzia 336 metro ingurukoa izango da. Horniketa-lineetako erreleak eta azpiestazioko unitate zentrala *switch*-aren ondoan daudenez, bakoitzera 5 metro suposatuko dira. Beraz, guztira 351 metro zuntz beharko dira. Distantzia hau kableek izango duten kokapenaren arabera denez, segurtasun-tarte bat ezarriko zaio distantzia honi. Aurrekontuan, hau ustekabekoen atalean sartuko da.

Hurrengo pausoa Multilin 345 eta Multilin 350 erreleen arteko GOOSE mezuak programatzea izango da, gainintentsitate baten kasuan hautakortasun bizkorra bermatzeko. Ondoren hau laborategian frogatuko da. Hau hurrengo atalean ikusiko da.

## 8. LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA

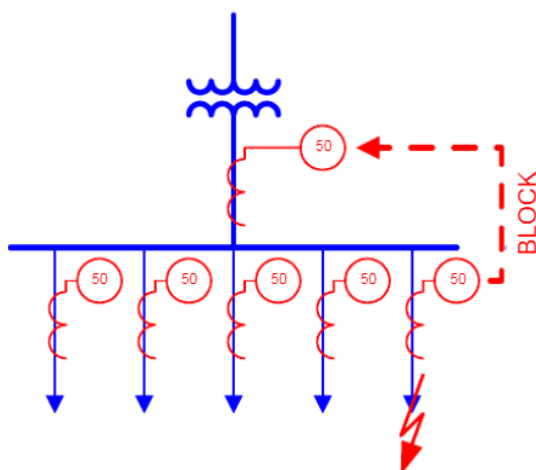
### 8.1. Egindakoaren deskribapena, faseak, ekipoa eta prozedurak

Lanaren lehen faseetan SASen analisi teorikoa eta automatizazio-sistemaren diseinua egin da, aurreko ataletan ikusi den moduan. Gradu Amaierako Lan honen helburuetako bat egindako diseinuaren irteerako lineetako erreleak (Multilin 350) eta transformadoreko erreleak (Multilin 345) konfiguratzeta da. Era honetan, gainintentsitate baten kasuan elkarren artean GOOSE mezuez komunikatuko dira; era azkar eta egokian erreakzionatzeko, blokeo sistema bat ezarriz. Ingeniaritza Elektrikoko Saileko laborategian korronteak simulatuz erreleen programazio hau frogatu egingo da ondoren.

Hain zuzen ere, atal honetan bi eginkizun horietan sakonduko da: hasteko diseinatutako azpiestazioko GOOSEak programatuko dira barraren babesaren blokeo sistema sortzeko, eta gero laborategian nola frogatu den azalduko da.

#### 8.1.1. GOOSE konfigurazioaren helburua

Konfigurazio honen xedea gainintentsitate bat agertzean, hau barraren eta irteerako lineen artean zein aldetan gertatu den determinatzea da; babes-sistemak ahalik eta era hautakor eta azkarrean erreakzionatzeko. Barran gertatu bada, transformadoreko erreleak bidali beharko du korrontea mozteko agindua. Kasu horretan, beraz, irteerako linea guztiak energiarik gabe geratuko dira. Aldiz, irteerako lineetako batean gertatu bada, nahikoa da linea horretako erreleak soilik erreakzionatzea; gainerako lineak elikatuta utziz eta era honetan ahalik eta banaketa-sistemaren zatirik txikiena soilik utziz elektrizitate barik.



16. irudia. Barraren blokeo-sistema, akatsa linean gertatu denean. Iturria: researchgate.net.

Akatsaren kokapena ezagutzeko, lineetako erreleek GOOSE seinale bidez transformadoreko erreleei jakinaraziko diete gainintentsitateren bat detektatu duten. Era honetan,

transformadoreko erreleak gainintentsitatea detektatu badu, baina lineetako batekoak ere bai, esan nahi du akats elektrikoa irteerako linean behera gertatu dela. Beraz, lineako erreleak ebakiaraziko du korronea eta transformadorekoari blokeatzeko agindua emango dio (16. irudia). Eta lineetako errele batek ere ez badu akatsa detektatu, hau barran egongo da; beraz transformadoreko errelea aktibatu beharko da. Sistema honi ingelesez *busbar blocking system* deritzo, hau da, *barraren blokeo-sistema*.

Transformadoreko erreleak aktibatu behar duen ala ez jakiteko, logika bat ezarriko zaio diagrama baten bitartez, lineetatik eta transformadoretik datozen seinaleekin, ondoren ikusiko den moduan.

### 8.1.2. Diseinuko erreleen GOOSE konfigurazioa

Multilin 345 eta Multilin 350 erreleak konfiguratzeko gailu hauentzat berariaz sortutako General Electric-en EnerVista programa erabiliko da.



17. irudia. EnerVista programaren hasierako pantaila.

Gailuen konfigurazioa hauek konektatuta edo konektatu barik edita daiteke, *.sr3* motako fitxategi bat sortuz azken kasu horretan. Behin errelea ordenagailuaren sarean konektatuta, konfigurazioa zuzenean bidali ahal zaio. Hasieran, fitxategi hauei eman zaizkien ezarpenak azalduko dira.

EnerVista programaren bidez 345 eta 350 motako erreleentzako fitxategiak sortzen dira, bat gailu bakoitzerako. Gogoratu beharra dago 350 motako 16 errele ditugula –17 guztira, baina barren akoplamendukoaren konfigurazioa ez da aztertuko– eta 345 motako bi –



transformadore bakoitzeko bat-. Hala ere, fitxategi bera erabil daiteke mota bereko errele guztientzat, xehetasun gutxi batzuk aldatuz.

Jarraian azalduko diren pausuen irudiak eranskinean daude ikusgai.

Eman beharreko lehenengo pausua, bi errele motetan, GOOSE mezuak aktibatzea da (eranskineko E 3 irudia).

Irteerako lineetako erreleetan, bidaliko den GOOSE mezua zehaztu behar da. Horretarako, *GOOSE transmission* atalean beharrezko konfigurazioa ezarriko da. Kasu honetan, hauek zehaztuko dira, E 4 irudian ikusten den moduan:

- GOOSE transmisioa aktibatu behar da, lehenik eta behin.
- GOOSEen izenak *SR3\_GOOSE\_L2*-tik *SR3\_GOOSE\_L10*-era izango dira (*L1* eta *L6* adierazleak ez dira erabiliko, barraren irteera horiek kondentsadore-bankua eta transformadorearen lotunea baitira).
- Aldaketarik izan ezean, 4 segundoro bidaliko dira balioak. Honek ez du berebiziko garrantzirik, arazoren bat detektatzekotan itxaron gabe bidaliko baita seinalea.
- Hartzailera sareko edozein gailu izateko, hartzailerearen MAC helbidearen eremuan 00 00 00 00 00 00 idatzi behar da.

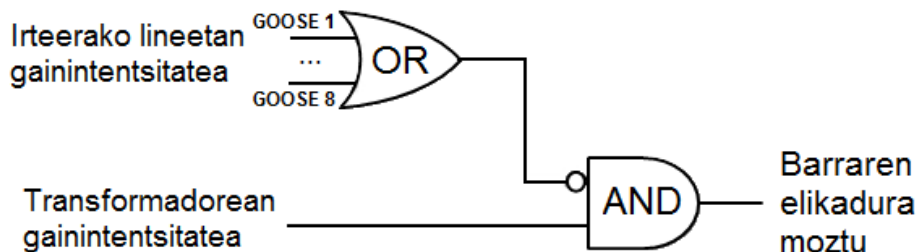
Ezarpn orokor hauen ondoren, bidaliko diren datuak aukeratuko dira. Geure kasuan, fase arteko eta neutroko gainintensitateen babesak izango dira, berehalakoak (50P eta 50N, hurrenez hurren) eta denbora-atzerapenarekin (51P eta 51N, hurrenez hurren). Beraz, guztira lau datu emitituko dira GOOSE seinalean. Programako euren ingelesezko siglak IOC (*Instantaneous Overcurrent*) eta TOC (*Timed Overcurrent*) dira. E 4 irudian ikus daiteke seinalea konfiguratuta.

Irteerako lineetako erreleen aldetik, hau da dena. Jarraian transformadoreko erreleak GOOSEak jasotzeko izan beharreko konfigurazioa azalduko da.

Errele hauek GOOSEak jasotzeko programatu behar dira. Horretarako GOOSEak jasotzeko ataleko *Rx Header* azpiatalean jaso nahi diren seinaleen izenak adierazi behar dira (E 6 irudia).

Era berean, *Rx Dataset* azpiatalean, jasoko den datu-mota zehaztu behar da. Datu boolearrak direnez, hori adieraziko da. GOOSE bakoitzerako lehen lau datu-motak ezarri behar dira (E 7 irudia).

Behin hau eginda, seinale hauek errelearen urrutiko sarrerekin (*Remote Inputs*) uztartu behar dira, hauekin lan egin ahal izateko. *Remote Input* bat sortuko da GOOSE bakoitzaren datu bakoitzerako; hau da, guztira 32 urrutiko sarrera izango dugu. E 7 irudian ageri da hau.



18. irudia. Transformadoreko errelearen logika.

Bukatzeko, transformadoreko errelearen erantzuna urrutiko seinale hauen arabera ezarri behar da: transformadorekoaz aparte, irteerako lineetako errele batean ere gainintentsitatea detektatzen bada, transformadoreko erreleak ez du erantzun behar. Horrelako logikak programatzeko, EnerVista programak diagrama logikoak egitea ahalbidetzen du. Kasu honetan, lineako erreleetako seinaleak OR ate batera bideratuko dira. Horrela, OR atearen irteerak 1 balioa izango du lineetako batean gainintentsitate bat agertzen bada. Hau NOT ate batera bidaliko da alderantzizko balioa izan dezan. Bestalde, transformadoreko erreleak gainintentsitatea detektatzen badu, beste adarrean ere 1 balioa izango dugu. Bi adar hauek AND ate batera bideratuko dira. Era honetan, lineetan eta transformadorean gainintentsitate bat detektatzean, AND atearen irteeran 0 balioa agertuko da, eta transformadoreko errelea ez da aktibatuko, lineako erreleak moztuko baitu korronea. Aldiz, transformadoreko erreleak soilik detektatzen badu gainintentsitatea, AND atearen irteeran 1 balioa agertuko da; eta beraz akatsa barran dagoenez, errele horrek ebakiaraziko du korronea. Hau guztia argiago ikusten da 18. irudiako eskeman.

Hau EnerVista programan inplementatzeko aldaketa batzuk egin behar izan dira jatorrizko eskeman, programaren mugapen batzuk direla eta. Alde batetik, OR ateen ordez NOR atea ezarri dira. Hau egitearen arrazoia, programan NOT ate beheko aldean dagoela da, eta hor lau sarrera soilik jar daitezke. Bestalde, hor gutxienez bi sarrera jartzera behartzen du programak; horregatik bi aldiz jarri da sarrera berbera. Funtzionamenduaren aldetik aldaketa hauek ez dute inolako eraginik. E 8 - E 11 irudietan ikus daitekeen moduan, gainintentsitate babes-funtzio bakoitzerako (50N, 50P, 51N eta 51P) diagrama bat egin da. Diagrama horietan konfiguratu diren beste garrantzizko puntuak hurrengo hauek dira:

- *Trip* funtzioa, etengailua aktibatzea, ezartzen zaio diagramaren irteera gisa.
- Korrontea mozteko 100 milisegundoko atzerapena jartzen zaio denbora horretan akatsa bakarrik argitzen bada korrontea moztea ekiditeko.
- Korrontea berriz pizteko 20 milisegundoko atzerapena jartzen zaio une labur batez seinalea desagertzen eta berriz agertzen bada zirkuitua ez ixtea ziurtatzeko.
- Erreleak etengailuak aktibatzeke *Operate* modua ezartzen da.

Konfigurazio guzti horrez gain, transformadoreko erreleen gainintensitate-babes arruntari (programatutako logikaz gain daukan babes) denbora-atzerapen bai jartzen zaie erreakzionatu aurretik. GOOSE komunikazioa ondo badabil, babes hau ez da erabiliko. Baina komunikazio-falta bat egotekotan eta lineako erreleek ez badute erantzuten, denbora hori pasata segurtasunez transformadoreko erreleak barra osoa deskonektatuko du.

### 8.1.3. Programazioaren laborategiko frogak

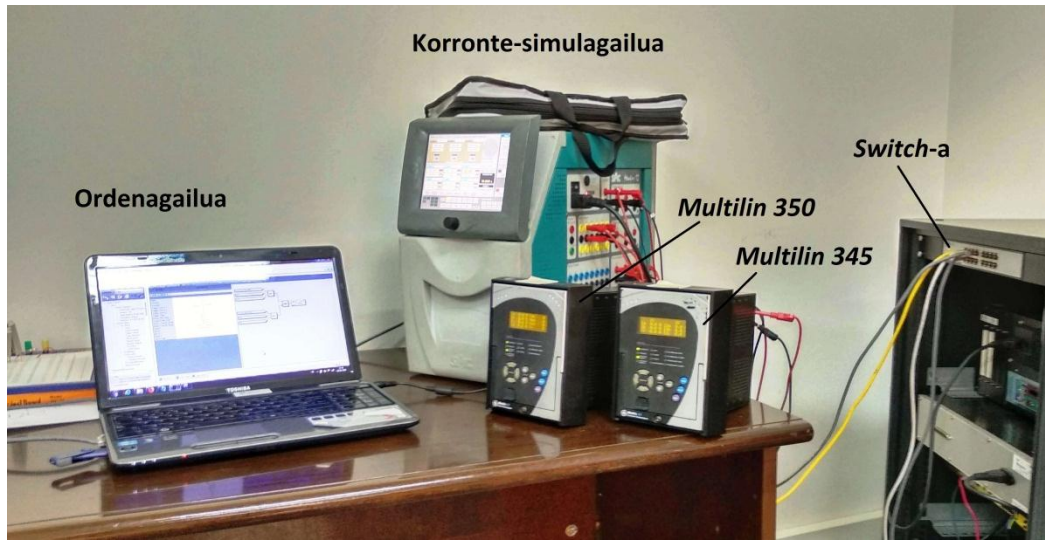
Segidan, laborategian programazio hau nola frogatu den azalduko da. Saiakuntzak egiteko, aldaketak egin zaizkio hasierako eskemari, hau sinplifikatuz. Hain zuzen, fase arteko 51 babesa frogatu da, Multilin 350 eta Multilin 345 errele bana erabiliz. Detektatu beharreko korrontek SMC Mentor 12 korronte-simulagailuaren bidez txertatu zaizkie erreleei. Era berean, erreleek etengailuei ematen dieten seinalea simulagailura bidaltzeko konexioa egin da.

Eman den lehenengo pausua simulagailuaren eta erreleen arteko konexio elektrikoa egitea izan da. Konexioen xehetasunak eranskineko E 15 eta E 16 irudietan agertzen dira. Ondoren sarea osatu da Ethernet kableak erabiliz eta *switch* batera konektatuz. Sarera erreleak programatzeko ordenagailua eta bi erreleak konektatu dira. Muntaia orokorra 19. irudian ikus daiteke.

Erreleen ordenagailurako konexioa egin da EnerVista programan bi gailuen IP helbideak sartuz. Behin konexioa eginda, erreleei konfigurazioa programatu zaie zuzenean.

Multilin 350 lineako erreleari fase arteko gainintensitate-funtzioa ezarri zaio, denbora-atzerapenez baina gainintensitatearen magnitudea kontuan hartu barik. Akatsa detektatu eta 0.5 segundora aktua dezan ezarri da (eranskineko E 12 irudia, ezk). 4 A-ko korronte muga jarri zaio, hau da, 4 A baino korronte handiagoa detektatzerakoan emango du korrontea mozteko agindua. Era berean, transformadoreko errelea den Multilin 345 gailuak akatsa detektatzen badu eta 2 segundora ez badu lineako erreleak edo diagrama logikoak ere korrontea mozten, segurtasunez babes honek moztuko du (eranskineko E 12 irudia, ezk). Argi utzi beharra dago

kasu erreal batean denbora hauek txikiagoak izango liratekeela, gainintentsitate bat denbora luzez uzteak izan ditzakeen ondorio larriak direla eta.



19. irudia. Muntaia orokorra.

Akatsa detektatzean, gainera, lineako erreleak GOOSEa bidali beharko du. Hori gauzatzeko, bi erreleetan GOOSEen erabilera aktibatu da lehenik eta behin (eranskineko E 3 irudia). Konfigurazioa eranskineko E 4 irudian erakutsitakoa izango da, baina *SR3\_GOOSE1\_linea* izena izango du seinaleak, irudikoaren ordeztuz.

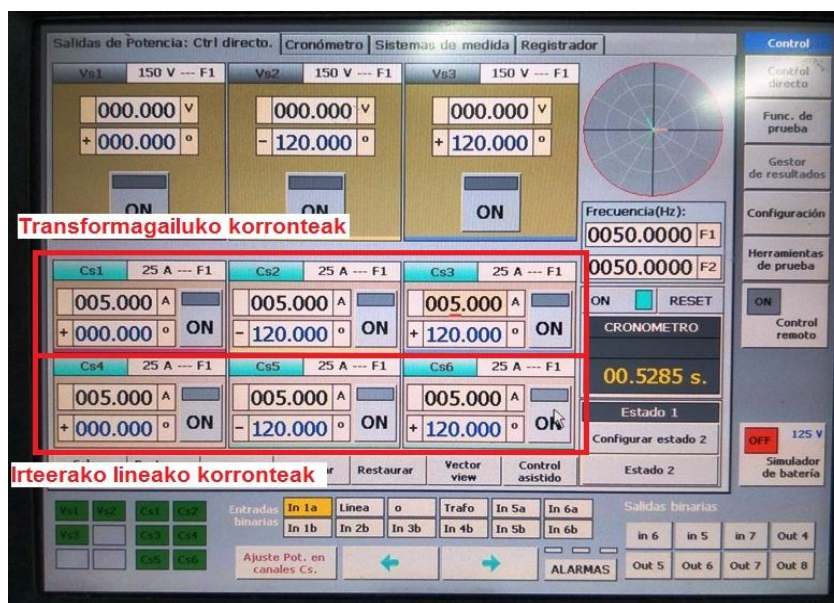
Multilin 345 erreleari buruz, GOOSEak jasotzeko konfigurazioa eranskineko E 5 eta E 6 irudietako berdina izango da, berriro ere jaso beharreko seinalearen izena *SR3\_GOOSE1\_linea* izenez ordezkatzuz. Gainerako seinaleek ez dute garrantzirik izango saiakera honetarako. Urrutiko 8. sarrera erabiliko da seinalea jasotzeko eranskineko E 13 irudian ikusten den moduan.

Diagrama logikoak oraingoan sarrera bakarra izango du adar bakoitzean. Horrez gain, xehetasunak aurreko diagramen antzekoak dira.

Honekin, konfigurazioa eginda dago eta saiakerak has daitezke. Hiru egingo dira: lehenengo saiakeran, bai irteerako linean bai transformadorean gainintentsitate bat simulatuko dugu. Bigarrenetan, transformadorean soilik gertatuko da gainintentsitate hau. Azkenik, transformadoreko errelea saretik deskonektatuta dagoenean (diagrama logikoak ez du erreakzionatuko) zer gertatzen den aztertuko da. Hiru kasuetan txertatutako gainintentsitatea 5 A-koa da. Korrante-simulagailuak babes-sistemak etengailuari eragiteko behar duen denbora neurtuko du kasu bakoitzean.

Lehen saiakera: gainintensitatea bi erreleetan

20. irudian korronte-simulagailuaren pantaila agertzen da lehen saiakeraren ondoren; gorritz markatu dira erreleei txertatu zaizkien korronteak (irudi honetan eta hurrengoetan lauki urdina dutenak dira piztu diren korronteak).



20. irudia. Korronte-simulagailuaren pantaila lehen saiakeraren ondoren, erreleei txertatzen zaizkien korronteak markatuta.

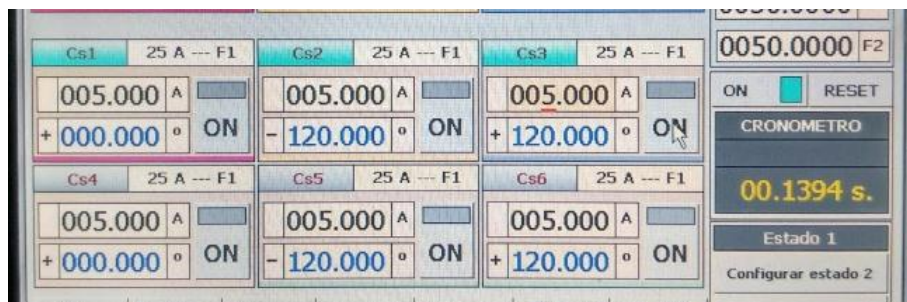
Kasu honetan babes-sistemak segundo erdi eman du gutxi gora behera korrontea mozteko, simulagailuaren pantailako kronometroak adierazten duenez. Irteerako lineako erreleak erantzun du, espero zen bezala eta denbora egokian. Errelearen pantailan akatsari buruzko informazioa ageri da, transformadoreko erreleak, aldiz, ez du ezer egin (21. irudia); izan ere, GOOSE seinalea jaso eta *uretan beherako* errelearen zain geratu da, blokeatuta.



21. irudia. Erreleen abisuk lehen saiakeraren ondoren.

Bigarren saiakera: gainintensitatea transformadoreko errelean soilik

Saiakera honetan transformadoreko erreleari soilik txertatu zaio gainintensitatea. Espero zena zen, beraz, horrek moztea korrontea, kasu horretan akatsa barran egongo litzatekeelako. Eta hala gertatu da; simulagailuaren pantailan mozketaren denbora 100 ms baino apur bat handiagoa izan dela ikus daiteke (100 ms programatu ziren diagrama logikoan), beraz programatutakoa ondo bete du berriro. 22. irudian korrante-simulagailuaren pantailaren xehetasuna agertzen da, txertatutako korrontea eta neurtutako denbora adieraziz. 23. irudian erreleak emandako abisuak ageri dira; diagrama logikoari emandako izena agertzen da (*GOOSE\_51P*), horrek eragin baitu korrontea moztea. Lineako errelean ez dago abisurik, normala denez, horrek ez baitu gainintensitaterik sentitu.



22. irudia. Korrante-simulagailuaren pantailaren xehetasuna bigarren saiakeraren ondoren.



23. irudia. Erreleen abisuak bigarren saiakeraren ondoren.

Hirugarren saiakera: sareko konexio-akatsa

Oraingoan Multilin 345 transformadoreko errelea saretik deskonektatu da. Horrek programatu zaion logikak ez funtzionatzea eragin dio. Errele horrentzat soilik simulatu da gainintensitatea. Transformadoreko errelearentzat, hau *urean beherako* erreleak erreakzionatu ez balu bezala da. Konexio barik, Multilin 345-ek ezin izan du 100 milisekundotan erreakzionatu, logika ez baitzebilen. Horren ordezt, ezarritako segurtasunezko denbora luzeagoan moztu du korronea. Hain zuzen ere, 24. irudian ikusten den moduan, ezarritako 2 segundoak itxaron ditu korronea moztu aurretik.



24. irudia. Korrante-simulagailuaren pantailaren xehetasuna hirugarren saiakeraren ondoren.

Transformadoreko erreleak bi ohar eman ditu: Ethernet konexioa galdu duela eta akatsaren detekzioa diagrama logikoko programazioa erabili barik (akatsaren detekzio arrunta adierazten baitu pantailan). (25. irudia).



25. irudia. Multilin 345 erreleak eman dituen bi abisuak hirugarren saiakera burutzean.

## 8.2. Lana burutzeko faseak eta Gantt-en diagrama

Proiektu hau burutzeko eman diren urratsak azalduko dira atal honetan. Lana ingeniari *junior* batek aurrera eraman du bi goi-mailako ingeniariaren laguntzaz.

Proiektua burutzeko prozesua eginkizunen planifikazio batekin hasi zen, otsailaren 14tik hasita ia astebeteko epean.

Lana planifikatu ondoren, azpiestazioen automatizazio-sistemei buruzko ikasketa teorikoarekin hasi zen, martxoaren erdialdera arte. IEC61850 arauan zentratu zen ikasketa gero. Era honetan, horrelako sistema bat diseinatzeko ezagutza eskuratu zen. Interneteko iturriez gain, liburuetan ere oinarritu zen ikasketa, bai eta Bilboko Ingeniaritza Eskolako dokumentuetan. Era berean, ingeniari *juniorra* Ormazabal enpresako SASetan aditua den Juan Antonio Sánchezekin bildu zen, sistema hauek praktikan nola dabilzan ezagutzeko. Fase honi apirilaren lehen astean eman zitzaion amaiera.

Lehen urratsak burututa eta ikasitakoan oinarrituz, automatizazio-sistemaren diseinua egin zen segidan. Horretarako, diseinua osatzeko erabil zitezkeen gailuak aztertu ziren lehenengo, egokienak aukeratzeko asmoz. Maiatzaren bigarren astean behin-behineko diseinua bukatutzat eman zen.

Behin goi-mailako ingeniariak diseinuari oniritzia emanda, lanaren hurrengo faseari ekin zitzaion. Hain zuzen ere, egindako diseinuan oinarrituta, 20 kV-ko barren GOOSEen bidezko babes-sistema ezarri behar zen orain. Horretarako, lehenik eta behin programatu beharreko IEDen gidaliburuak irakurri beharra zegoen. Era berean, gailu horietarako General Electric enpresak eskaintzen dituen GOOSEak programazioaren argibideak ere ikasi behar ziren. Ikasketa-fase hauek maiatzaren bigarren astetik hilabete bukaeraraino iraun zuten.

Funtzionamendua ikasita, egindako diseinurako GOOSEak konfiguratu ziren EnerVista programaren bidez, barraren blokeo-sistema definituz. Maiatzaren erdialdean amaitutzat eman zen programazio hau, eta laborategian frogatzea falta zen.

Oniritzia jasota, ingeniari *juniorrak* egindako konfigurazioa laborategian frogatu zuen ekainaren 12tik 18ra bitartean. Horretarako, lehenengo egindako lana laborategira moldatu behar izan zuen, konfigurazioan arestian aipatutako aldaketak eginez. Gero, hiru saiakeraren bidez diseinua zuzena zela frogatu zuen.

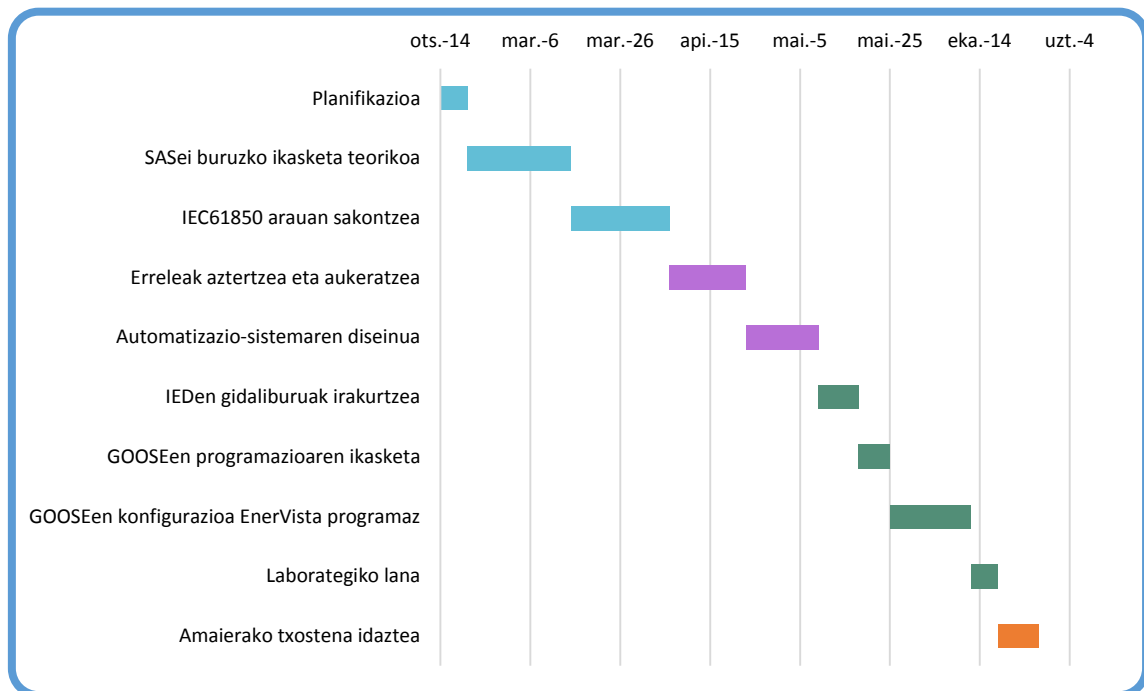
Froga guztiak eginda eta funtzionamendua zuzena zela ikusita, proiektuaren amaierako txostena idazteari ekin zitzaion, egindako lana deskribatuz eta ondorioak azalduz; ekainaren 27ra arte.



26. irudian aurreko pausu hauek laburbiltzen dituen Gantt-en diagrama ageri da, 4. taulan agertzen diren eginkizunak adieraziz.

4. taula. Eginkizunen planifikazioa.

Eginkizuna	Hasiera-data	Bukaera-data	Iraupena
Planifikazioa	2018-02-14	2018-02-20	6
SASEi buruzko ikasketa teorikoa	2018-02-20	2018-03-15	23
IEC61850 arauan sakontzea	2018-03-15	2018-04-06	22
Erreleak aztertzea eta aukeratzea	2018-04-06	2018-04-23	17
Automatizazio-sistemaren diseinua	2018-04-23	2018-05-09	16
IEDen gidaliburuak irakurtzea	2018-05-09	2018-05-18	9
GOOSEen programazioaren ikasketa	2018-05-18	2018-05-25	7
GOOSEen konfigurazioa EnerVista programaz	2018-05-25	2018-06-12	18
Laborategiko lana	2018-06-12	2018-06-18	6
Amaierako txostena idaztea	2018-06-18	2018-06-27	9



26. irudia. Gantt-en diagrama.

## 9. AURREKONTUA

Atal honetan diseinatu den azpiestazioaren automatizazio-sistemaren aurrekontua kalkulatu da. Hiru ataletan banatzen da aurrekontua: barne-orduak, inbertsioak eta gastuak. Atalez atal aztertuko ditugu.

### 9.1. Barne-orduak

Ordu-kopurua kalkulatzeko modu zehatzik ez dagoenez, Gradu Amaierako Lanak dituen kreditu kopuruaren arabera kalkulatu da ingeniari *junior*ren lana. 6 ECTS dira, beraz 150 ordu.

5. taula. Barne-orduak.

Langilea	Kopurua	Orduko kostua	Orduak	Kostua
Ingeniari <i>juniorra</i>	1	30.00 €/h	150 h	4500.00 €
Goi-mailako ingeniaria	2	60.00 €/h	20 h	2400.00 €
<b>GUZTIRA</b>				<b>6900.00 €</b>

### 9.2. Inbertsioak

Hemen, erabilitako softwarea eta laborategiko frogak egiteko erabili diren gailuak sartuko dira hemen: erreleak programatzeko ordenagailua, korrante-simulagailua eta sarea osatzeko erabili den *switch*-a. Ohar bedi erreleak programatzeko erabili den EnerVista softwarea doakoa dela, eta beraz ez dela kontuan hartuko.

6. taula. Inbertsioak.

Inbertsioa	Hasierako kostua	Bizitza erabilgarria	Proiektuko erabiltze-aldia	Amortizazioa
Toshiba Satellite L750 ordenagailua	629.00 €	6000 h	100 h	10.48 €
SMC Mentor 12 korrante-simulagailua	42218.40 €	4000 h	20 h	211.09 €
D-link DGS-1016D laborategiko <i>switch</i> -a	73.00 €	30000 h	20 h	0.05 €
Microsoft Office Lizentzia	188.99 €	6000 h	30 h	0.94 €
<b>GUZTIRA</b>				<b>222.56 €</b>

### 9.3. Gastuak

Gastuetan sartuko dira diseinuaren parte diren gailuak, hau da, erreleak, azpiestazioko unitate zentrala, *switch*-a eta zuntz optikoa.

Prezio batzuk dolar estatubatuarretan ematen direnez, 1 USD = 0.8616 EUR trukea erabiliko da.

General Electric-ek saltzen dituen gailuek oinarrizko prezio bat dute, eta honi bakoitzaren gehigarriak gehitu behar zaizkio. Gailuaren izenaren azpian zerrendatuko dira hauek.

7. taula. Gastuak.

Elementua	Kopurua	Unitateko prezioa	Prezioa guztira
Multilin 350	17	1429.39 €	24299.63 €
<i>Oinarrizko prezioa</i>		933.97 €	
<i>Birkonexio automatikoa (79)</i>		81.85 €	
<i>IEC61850rekin bateragarritasuna</i>		413.57 €	
Multilin 345	2	2396.11 €	4792.22 €
<i>Oinarrizko prezioa</i>		1982.54 €	
<i>IEC61850rekin bateragarritasuna</i>		413.57 €	
Multilin D30	2	6957.20 €	13914.40 €
<i>Oinarrizko prezioa</i>		6526.40 €	
<i>IEC61850rekin bateragarritasuna</i>		430.80 €	
Multilin C70	2	8146.16 €	16292.32 €
<i>Oinarrizko prezioa</i>		7715.36 €	
<i>IEC61850rekin bateragarritasuna</i>		430.80 €	
Multilin C30 kontrolagailua	1	5928.45 €	5928.45 €
<i>Oinarrizko prezioa</i>		5497.65 €	
<i>IEC61850ekin bateragarritasuna</i>		430.80 €	
Zuntz optikozko kablea	351 m	1.66 €·m <sup>-1</sup>	582.66 €
S3800-24F4S <i>switch</i> -a	1	336.00 €	336.00 €
<b>GUZTIRA</b>			<b>66145.68 €</b>

#### 9.4. Aurrekontu osoa

Jarraian aurreko atal guztien batura adieraziko da, ustekabeetarako %5eko kostua gehituz.

8. taula. Aurrekontu osoa.

Barne-orduak	6900.00 €
Inbertsioak	222.56 €
Gastuak	66145.68 €
<b>AZPI-TOTALA</b>	<b>73268.24 €</b>
Ustekabeak (%5)	3663.41 €
<b>GUZTIRA</b>	<b>76931.65 €</b>

## 10. ONDORIOAK

Lan honetatik atera daitekeen ondorio nagusia azpiestazioetako automatizazio-sistemek dauzkaten onurak dira, bereziki IEC61850 estandarra erabiltzen bada. Lan honetan praktikan jarri da sistema hauen abantaila nagusietako bat: gailuen arteko kable elektrikoen murrizpen handia. Izan ere, diseinatu den sisteman ordenagailu-sare bat erabili ez balitz, korrontearen, tentsioaren eta gainerako informazioen datuak zuzenean kablez eroan beharko lirateke azpiestazioaren kontrol-zentrora, eta horrek kostu handiagoak izango lituzke. Erreleen artean ere, kableak ezarri beharko lirateke euren arteko komunikazio-maila bereko komunikazioa ahalbidetzeko. Honen eraginez, askoz konplexuagoa egingo luke azpiestazioan aldaketak egitea, hala behar izanez gero; aldiz, datu-sare batekin askoz errazagoa da gailu bat sisteman konektatzea. Horregatik gaur egun azpiestazio gehienetan, handietan batez ere, automatizazio-sistemak erabiltzea oso ohikoa da.

IEC61850 estandarrean zentratuz, ikasketa teorikoa egitean beste estandarrekin alderatuz dituen abantailak ikusi da, hala nola estandar bakarraren sorrera eta datu-eredu berritzailea. Baina gainera, adibide simple batez ikusi eta frogatu da nola bere GOOSE mezuek potentzial handia duten azpiestazioen automatizazio-sistemak hobetzeko, akatsekiko erreakzionatzeko denbora gutxituz. Lanean egin den frogan ikusi da nola sarean dagoen transformadoreko erreleak azkarrago erreakziona dezakeen barran akats bat dagoenean. GOOSE seinalerik gabe, logika bera egituratzeko erreleen artean kable-multzo handiak jarri beharko lirateke. Bestela, denbora-atzerapen sistema ere erabili ahalko litzateke akats elektrikoa linean ala barran gertatu den jakiteko. Era horretan, transformadoreko erreleak denbora bat itxaron beharko luke etengailuari eragin aurretik, lineako erreleren batek akatsa mozten duen jakiteko. Baina horrek denbora luzeagoan utziko luke akatsa, hau larriago bihurtuz eta beraz ondorio larriagoak sortuz. Azken kasu hau laborategian egindako hirugarren saiakeraren parekoa da, zeinean sare-konexiorik ez zegoenez denbora-atzerapenaren babesa aplikatu behar zen. Argi dago errealitatean lineetako erreleen 0.5 segundoko eta transformadoreko errelean 2 segundoko denbora-tartea baino askoz denbora gutxiago ezarriko litzatekeela, baina hala ere ikusten da nola GOOSE mezuekin denbora hau gutxitu daitekeen.

IEC61850ren ondorio orokor gisa, etorkizunera begira, eskaintzen dituen abantaila handiak ikusita eta teknologiaren etengabeko hobekuntzari esker, etorkizun ona aurreikusten zaio arau honi. Izan ere, litekeena da epe ertainera IEC61850 azpiestazioen automatizazio-sistemetak estandar erabilienean bihurtzea.

## 11. BIBLIOGRAFIA

Bamber *et al.* (2011). *Network protection & automation guide: Protective relays, measurement & control*. Stafford, Ingalaterra: Alstom Grid. ISBN: 978-0-9568678-0-3.

*Lecture 5a Substation Automation Systems*. (2017). Estokolmo, Suedia: Kungliga Tekniska Högskolan. Hemendik eskuratua:

<https://www.kth.se/social/upload/532f243cf276541d0e466ac0/Lecture%205%20Substation%20Automation%20Systems.pdf>

Etxegarai, A., Iturregi, A. (2017). *Teknologia Elektrikoa*. Klaseko apunteak. Bilbo: Bilboko Ingeniaritza Eskola (UPV/EHU Euskal Herriko Unibertsitatea).

Eguia, P. (d.g.). *Tema 2: Funciones disponibles en las subestaciones*. Bilbo: Bilboko Ingeniaritza Eskola (UPV/EHU Euskal Herriko Unibertsitatea)

Chikuni, E. (2012ko uztaila). *Power System and Substation Automation*. Hegoafrika: Cape Peninsula University of Technology. Hemendik eskuratua:

<https://www.intechopen.com/books/automation/power-system-and-substation-automation>

Gupta, R. P. (2008ko abendua). *Substation Automation Using IEC61850 Standard*. Bombay, India: Fifteenth National Power Systems Conference (NPSC). Hemendik eskuratua:

[http://www.krec.ir/Automation/Substation\\_Automation\\_Using\\_IEC61850\\_Standard.pdf](http://www.krec.ir/Automation/Substation_Automation_Using_IEC61850_Standard.pdf)

Benitez, M. (d.g.). *Implementación práctica del protocolo IEC61850 en subestaciones eléctricas. Problemas y soluciones*. Sevilla, Espainia: Universidad de Sevilla. Hemendik eskuratua:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70641>

Barrantes, L. S. (2011ko apirila). *Diseño del sistema de protección y control de subestaciones eléctricas*. Madril, Espainia: Universidad Carlos III de Madrid. Hemendik eskuratua:

[https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/11767/2/LUCIA%20SARAY%20BARRANTES%20PINELA\\_MEMORIA%20PFC.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/11767/2/LUCIA%20SARAY%20BARRANTES%20PINELA_MEMORIA%20PFC.pdf)

Rivadeneira, J. M. (2009). *TCP/IP sareak*. Donostia: Euskal Herriko Unibertsitatea. Hemendik eskuratua: [http://www.sc.ehu.es/acwreco2/TCP\\_IP\\_Sareak/tcpipsareak2.pdf](http://www.sc.ehu.es/acwreco2/TCP_IP_Sareak/tcpipsareak2.pdf)

*Proyecto básico de ST tipo 132/20 kV*. (1999ko ekaina). Iberdrola Nedis.

Kaszteny, B., Cardenas, J. (2004ko urtarrila). *New phase-segregated digital busbar protection solutions*. College Station, Amerikako Estatu Batuak: 57th Annual Conference for Protective Relay Engineers. Hemendik eskuratua:

[https://www.researchgate.net/publication/4068801\\_New\\_phase-segregated\\_digital\\_busbar\\_protection\\_solutions](https://www.researchgate.net/publication/4068801_New_phase-segregated_digital_busbar_protection_solutions)

*White Paper – Data Communication in Substation Automation System (SAS)*. (2012). Hirschmann. Hemendik eskuratua:

<http://belden.picturepark.com/Website/Download.aspx?DownloadToken=33180319-3b60-412a-8b39-27490aa74a76&Purpose=AssetManager&mime-type=application/pdf>

Wang, B. (2010eko martxoa). *Substation automation solution with IEC61850*. Singapur: ABB Singapore. Hemendik eskuratua:

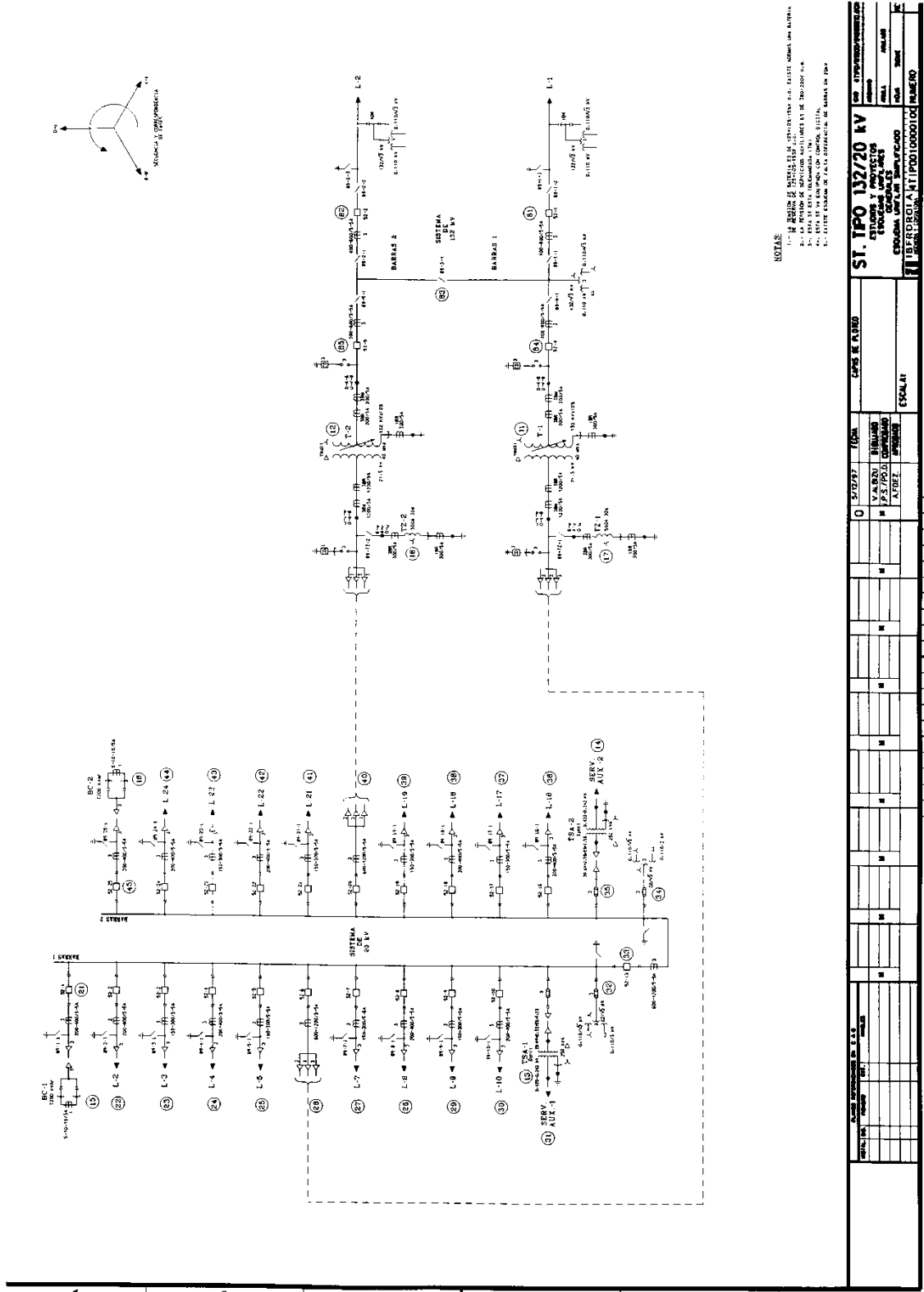
[http://www02.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/9276485464e7953cc125770300133d9a/\\$file/ABB+Substation+Automation+Solution.pdf](http://www02.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/9276485464e7953cc125770300133d9a/$file/ABB+Substation+Automation+Solution.pdf)

*Distribution Automation Handbook. Section 8.2 Relay Coordination*. (2011). Vaasa, Finlandia: ABB Oy, Distribution Automation. Hemendik eskuratua:

[https://library.e.abb.com/public/eccfd9ab4d23ca1dc125795f0042c8db/DAHHandbook\\_Section\\_08p02\\_Relay\\_Coordination\\_757285\\_ENa.pdf](https://library.e.abb.com/public/eccfd9ab4d23ca1dc125795f0042c8db/DAHHandbook_Section_08p02_Relay_Coordination_757285_ENa.pdf)

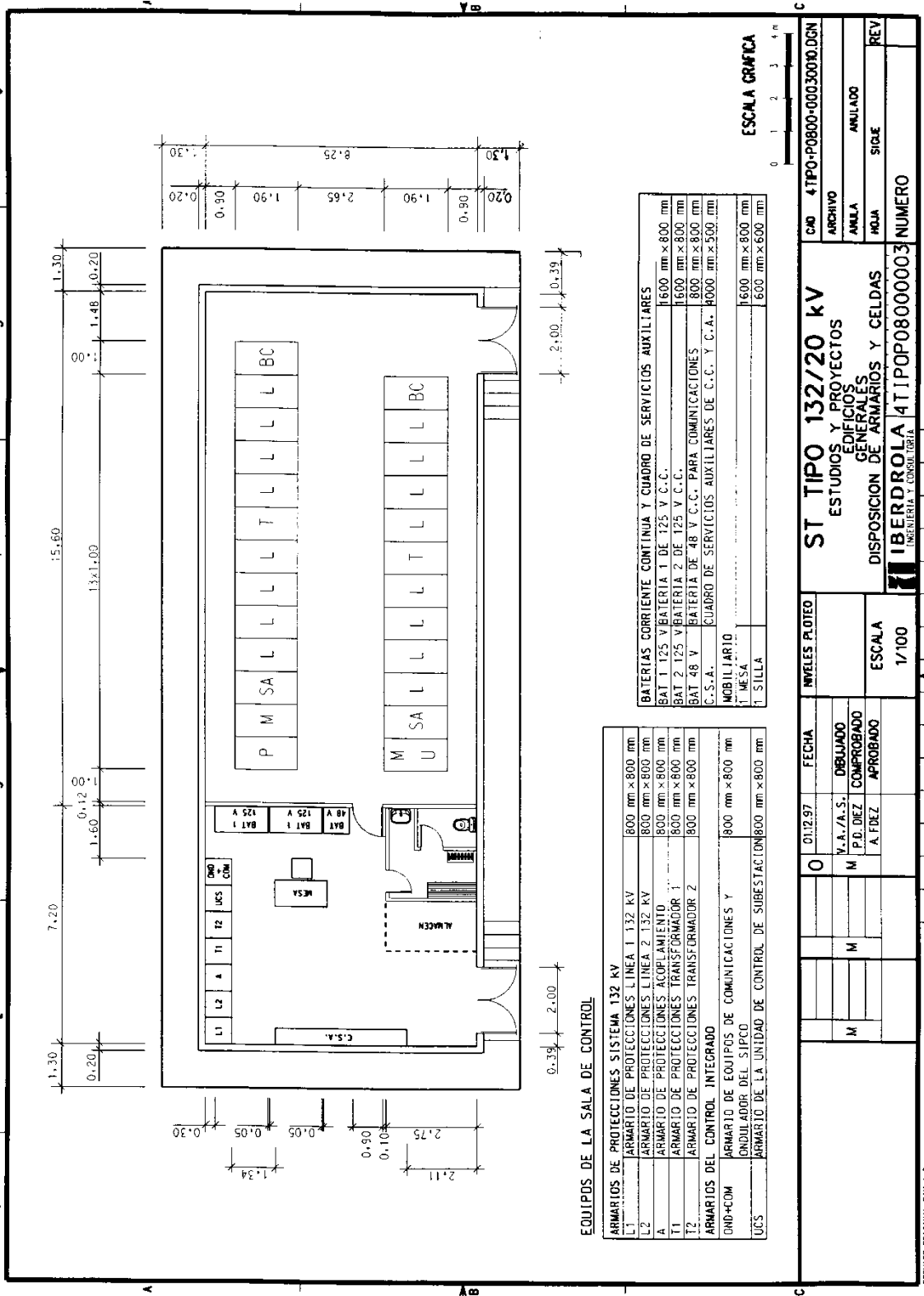
# ERANSKINA

## Azpiestazioaren hari bakarreko diagrama eta barneko planoak



E 1. irudia. Iberdrolaren azpiestazioaren hari bakarreko diagrama. Iturria: Iberdrola.





E 2. irudia. Iberdrolaren azpiestazioko etxolaren plano. Iturria: Iberdrola.

## EnerVista programaren kapturak

SETTING	PARAMETER
Enable GOOSE	Enabled
GOOSE Type	Simplified

E 3. irudia. Gooseak aktibatzea.

SETTING	PARAMETER
Enable GOOSE Transmission	Enabled
GOOSE ID	SR3_GOOSE_L2
VLAN Identifier	0
VLAN Priority	4
ETYPE APPID	0
Update Time	4000 ms
Config Revision Number	2
Destination MAC Address	00 00 00 00 00 00
DataSet Item 1	Neutral IOC 1 Trip PKP
Item 1 Quality	Disabled
DataSet Item 2	Phase IOC 1 Trip PKP
Item 2 Quality	Disabled
DataSet Item 3	Neutral TOC 1 Trip PKP
Item 3 Quality	Disabled
DataSet Item 4	Phase TOC 1 Trip PKP
Item 4 Quality	Disabled
DataSet Item 5	Off
DataSet Item 6	Off
DataSet Item 7	Off
DataSet Item 8	Off
DataSet Item 9	Off

E 4. irudia. Lineako erreleek bidaliko duten GOOSEaren konfigurazioa.

SETTING	PARAMETER
Rx GOOSE 1 Function	Enabled
Rx GOOSE 1 ID	SR3_GOOSE_L2
Incoming GOOSE 1 EType AppID	0
Rx GOOSE 2 Function	Enabled
Rx GOOSE 2 ID	SR3_GOOSE_L3
Incoming GOOSE 2 EType AppID	0
Rx GOOSE 3 Function	Enabled
Rx GOOSE 3 ID	SR3_GOOSE_L4
Incoming GOOSE 3 EType AppID	0
Rx GOOSE 4 Function	Enabled
Rx GOOSE 4 ID	SR3_GOOSE_L5
Incoming GOOSE 4 EType AppID	0
Rx GOOSE 5 Function	Enabled
Rx GOOSE 5 ID	SR3_GOOSE_L7
Incoming GOOSE 5 EType AppID	0
Rx GOOSE 6 Function	Enabled
Rx GOOSE 6 ID	SR3_GOOSE_L8
Incoming GOOSE 6 EType AppID	0
Rx GOOSE 7 Function	Enabled
Rx GOOSE 7 ID	SR3_GOOSE_L9
Incoming GOOSE 7 EType AppID	0
Rx GOOSE 8 Function	Enabled
Rx GOOSE 8 ID	SR3_GOOSE_L10
Incoming GOOSE 8 EType AppID	0

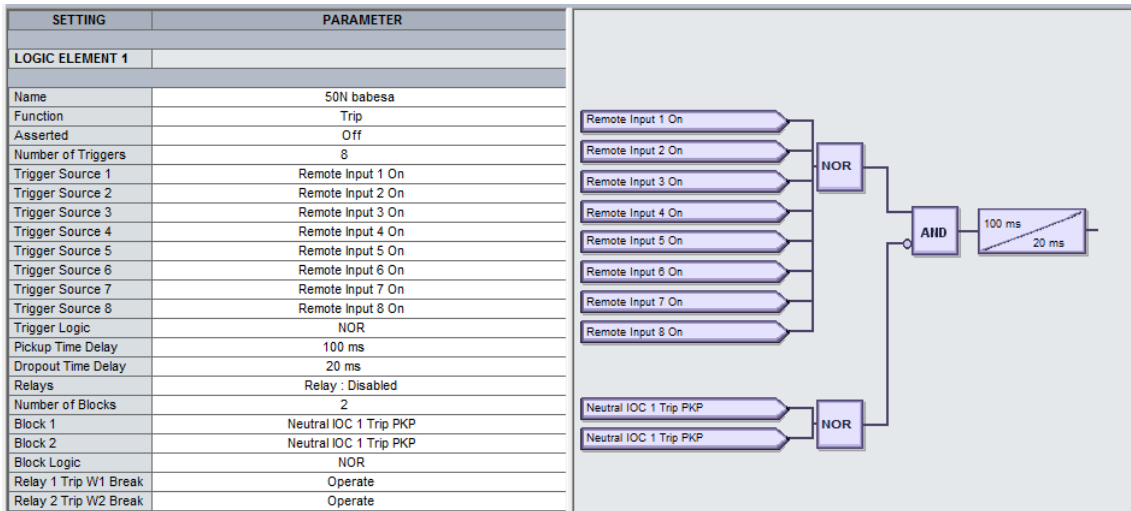
E 5. irudia. GOOSEak jasotzeko konfigurazioa.

Dataset Item	DataType	Length
Clear Rx GOOSE 1 Dataset	Clear Rx GOOSE 1 Dataset	---
Rx GOOSE 1 Dataset Item 1	Bool	---
Rx GOOSE 1 Dataset Item 2	Bool	---
Rx GOOSE 1 Dataset Item 3	Bool	---
Rx GOOSE 1 Dataset Item 4	Bool	---
Rx GOOSE 1 Dataset Item 5	None	---
Rx GOOSE 1 Dataset Item 6	None	---
• • •	• • •	
Rx GOOSE 7 Dataset Item 63	None	---
Rx GOOSE 7 Dataset Item 64	None	---
Clear Rx GOOSE 8 Dataset	Clear Rx GOOSE 8 Dataset	---
Rx GOOSE 8 Dataset Item 1	Bool	---
Rx GOOSE 8 Dataset Item 2	Bool	---
Rx GOOSE 8 Dataset Item 3	Bool	---
Rx GOOSE 8 Dataset Item 4	Bool	---
Rx GOOSE 8 Dataset Item 5	None	---
Rx GOOSE 8 Dataset Item 6	None	---

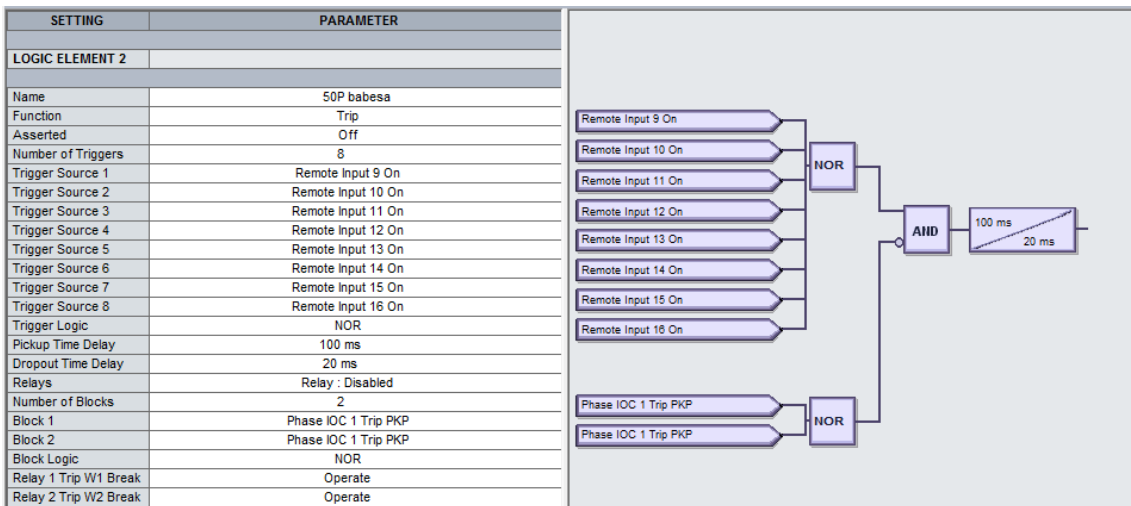
E 6. irudia. Jasoko den seinalearen datu-mota ezartzea.

SETPOINT	PARAMETER	SETPOINT	PARAMETER
Remote Input 1 Name	RI 1	Remote Input 9 Name	RI 9
Remote Input 1 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L2	Remote Input 9 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L2
Remote Input 1 Item Source	DataSet Item 1	Remote Input 9 Item Source	DataSet Item 2
Remote Input 1 Default State	Off	Remote Input 9 Default State	Off
Remote Input 2 Name	RI 2	Remote Input 10 Name	RI 10
Remote Input 2 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L3	Remote Input 10 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L3
Remote Input 2 Item Source	DataSet Item 1	Remote Input 10 Item Source	DataSet Item 2
Remote Input 2 Default State	Off	Remote Input 10 Default State	Off
Remote Input 3 Name	RI 3	Remote Input 11 Name	RI 11
Remote Input 3 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L4	Remote Input 11 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L4
Remote Input 3 Item Source	DataSet Item 1	Remote Input 11 Item Source	DataSet Item 2
Remote Input 3 Default State	Off	Remote Input 11 Default State	Off
Remote Input 4 Name	RI 4	Remote Input 12 Name	RI 12
Remote Input 4 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L4	Remote Input 12 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L5
Remote Input 4 Item Source	DataSet Item 1	Remote Input 12 Item Source	DataSet Item 2
Remote Input 4 Default State	Off	Remote Input 12 Default State	Off
Remote Input 5 Name	RI 5	Remote Input 13 Name	RI 13
Remote Input 5 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L5	Remote Input 13 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L7
Remote Input 5 Item Source	DataSet Item 1	Remote Input 13 Item Source	DataSet Item 2
Remote Input 5 Default State	Off	Remote Input 13 Default State	Off
Remote Input 6 Name	RI 6	Remote Input 14 Name	RI 14
Remote Input 6 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L7	Remote Input 14 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L8
Remote Input 6 Item Source	DataSet Item 1	Remote Input 14 Item Source	DataSet Item 2
Remote Input 6 Default State	Off	Remote Input 14 Default State	Off
Remote Input 7 Name	RI 7	Remote Input 15 Name	RI 15
Remote Input 7 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L9	Remote Input 15 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L9
Remote Input 7 Item Source	DataSet Item 1	Remote Input 15 Item Source	DataSet Item 2
Remote Input 7 Default State	Off	Remote Input 15 Default State	Off
Remote Input 8 Name	RI 8	Remote Input 16 Name	RI 16
Remote Input 8 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L10	Remote Input 16 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L10
Remote Input 8 Item Source	DataSet Item 1	Remote Input 16 Item Source	DataSet Item 2
Remote Input 8 Default State	Off	Remote Input 16 Default State	Off
Remote Input 17 Name	RI 17	Remote Input 25 Name	RI 25
Remote Input 17 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L2	Remote Input 25 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L2
Remote Input 17 Item Source	DataSet Item 3	Remote Input 25 Item Source	DataSet Item 4
Remote Input 17 Default State	Off	Remote Input 25 Default State	Off
Remote Input 18 Name	RI 18	Remote Input 26 Name	RI 26
Remote Input 18 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L3	Remote Input 26 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L3
Remote Input 18 Item Source	DataSet Item 3	Remote Input 26 Item Source	DataSet Item 4
Remote Input 18 Default State	Off	Remote Input 26 Default State	Off
Remote Input 19 Name	RI 19	Remote Input 27 Name	RI 27
Remote Input 19 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L4	Remote Input 27 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L4
Remote Input 19 Item Source	DataSet Item 3	Remote Input 27 Item Source	DataSet Item 4
Remote Input 19 Default State	Off	Remote Input 27 Default State	Off
Remote Input 20 Name	RI 20	Remote Input 28 Name	RI 28
Remote Input 20 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L5	Remote Input 28 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L5
Remote Input 20 Item Source	DataSet Item 3	Remote Input 28 Item Source	DataSet Item 4
Remote Input 20 Default State	Off	Remote Input 28 Default State	Off
Remote Input 21 Name	RI 21	Remote Input 29 Name	RI 29
Remote Input 21 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L7	Remote Input 29 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L7
Remote Input 21 Item Source	DataSet Item 3	Remote Input 29 Item Source	DataSet Item 4
Remote Input 21 Default State	Off	Remote Input 29 Default State	Off
Remote Input 22 Name	RI 22	Remote Input 30 Name	RI 30
Remote Input 22 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L8	Remote Input 30 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L8
Remote Input 22 Item Source	DataSet Item 3	Remote Input 30 Item Source	DataSet Item 4
Remote Input 22 Default State	Off	Remote Input 30 Default State	Off
Remote Input 23 Name	RI 23	Remote Input 31 Name	RI 31
Remote Input 23 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L9	Remote Input 31 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L9
Remote Input 23 Item Source	DataSet Item 3	Remote Input 31 Item Source	DataSet Item 4
Remote Input 23 Default State	Off	Remote Input 31 Default State	Off
Remote Input 24 Name	RI 24	Remote Input 32 Name	RI 32
Remote Input 24 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L10	Remote Input 32 GOOSE Source	SR3_GOOSE_L10
Remote Input 24 Item Source	DataSet Item 3	Remote Input 32 Item Source	DataSet Item 4
Remote Input 24 Default State	Off	Remote Input 32 Default State	Off

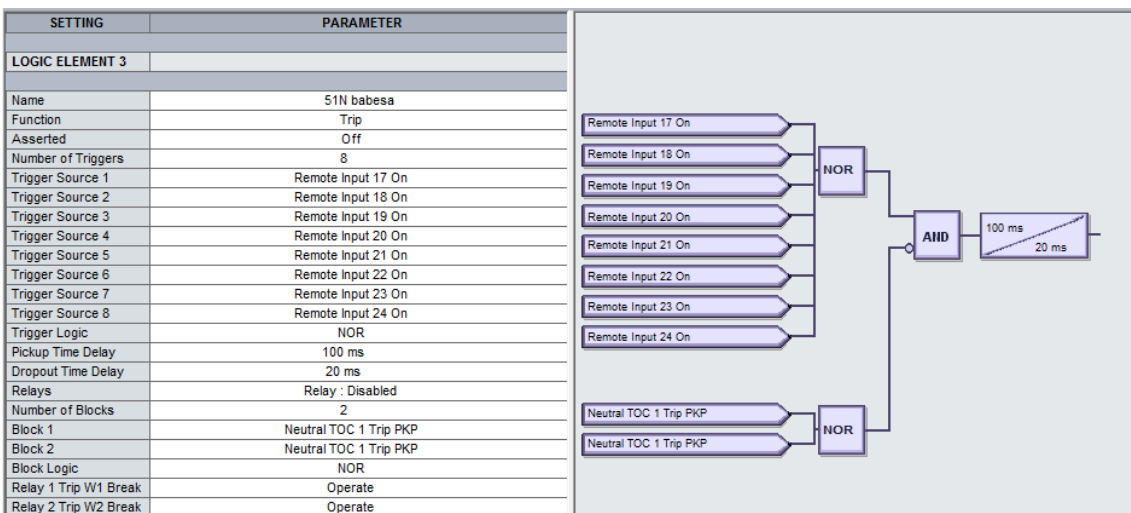
E 7. irudia. Urrutiko sarreren konfigurazioa.



E 8. irudia. Neutroko gainintentsitate berehalako babesaren diagrama logikoa.



E 9. irudia. Fase arteko gainintentsitate berehalako babesaren diagrama logikoa.



E 10. irudia. Neutroko denbora-atzerapendun gainintentsitate-babesa.

SETTING	PARAMETER
<b>LOGIC ELEMENT 4</b>	
Name	51P babesa
Function	Trip
Asserted	Off
Number of Triggers	8
Trigger Source 1	Remote Input 25 On
Trigger Source 2	Remote Input 26 On
Trigger Source 3	Remote Input 27 On
Trigger Source 4	Remote Input 28 On
Trigger Source 5	Remote Input 29 On
Trigger Source 6	Remote Input 30 On
Trigger Source 7	Remote Input 31 On
Trigger Source 8	Remote Input 32 On
Trigger Logic	NOR
Pickup Time Delay	100 ms
Dropout Time Delay	20 ms
Relays	Relay : Disabled
Number of Blocks	2
Block 1	Phase TOC 1 Trip PKP
Block 2	Phase TOC 1 Trip PKP
Block Logic	NOR
Relay 1 Trip W1 Break	Operate
Relay 2 Trip W2 Break	Operate

E 11. irudia. Fase arteko denbora-atzerapendun gainintentsitate-babesa.

### Protection Elements

Phase TOC Function: Trip

Pickup: 4.00 x CT

Curve: Definite Time

TDM: 5.00

Phase TOC1 Function: Trip

CT Input: CT (W2)

Pickup: 4.00 x CT

Curve: Definite Time

TDM: 20.00

Rly1 Trip W1 Bkr: Operate

Rly2 Trip W2 Bkr: Operate

E 12. irudia. Lineako errelearen (ezk.) eta transformadorekoaren (esk.) mozte-baldintzak.

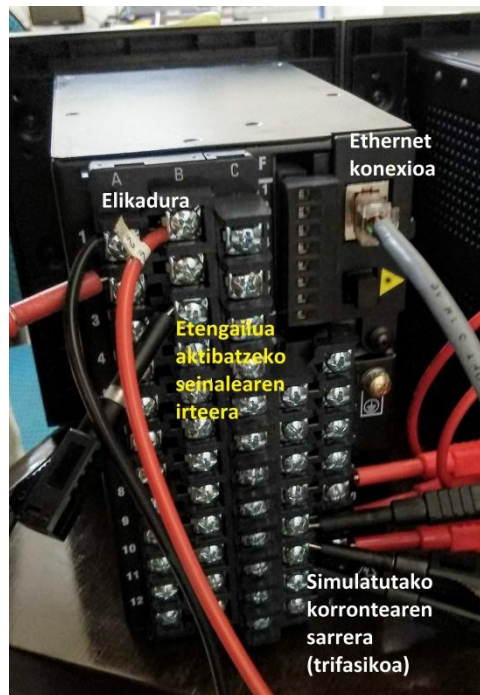
Remote Input 8 Name	RI 8
Remote Input 8 GOOSE Source	SR3_GOOSE1_linea
Remote Input 8 Item Source	DataSet Item 4
Remote Input 8 Default State	On

E 13. irudia. Urrutiko sarreraren konfigurazioa.

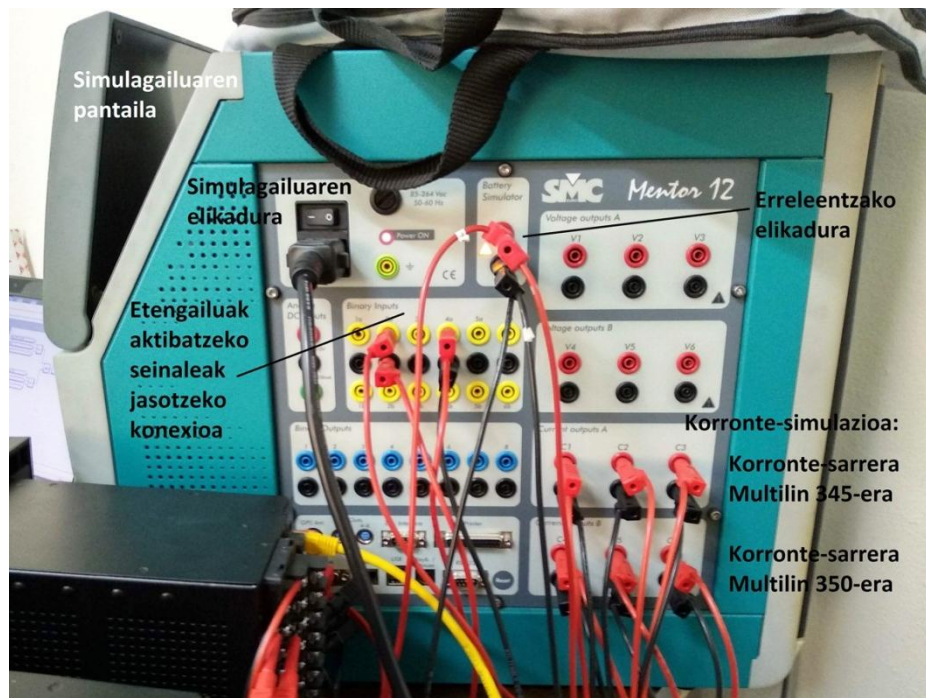
SETTING	PARAMETER
<b>LOGIC ELEMENT 4</b>	
Name	GOOSE_51P
Function	Trip
Asserted	On
Trigger Source 1	Phase TOC1 Trip PKP
Trigger Source 2	Off
Trigger Source 3	Off
Trigger Logic	OR
Pickup Time Delay	100 ms
Dropout Time Delay	20 ms
Relay 1 Trip W1 Break	Operate
Relay 2 Trip W2 Break	Operate
Relays	Relay : Disabled
Block 1	Remote Input 8 On
Block 2	Off
Block 3	Off
Block Logic	OR

E 14. irudia. Laborategiko saiakerarako Multilin 345 errelearen diagrama logikoa.

## Laborategiko erreleen konexioak



E 15. irudia. Multilin 345 eta 350 erreleetan egindako konexioen xehetasuna.



E 16. irudia. Korrante-simulagailuan egindako konexioen xehetasuna.