



**Universidad
de La Laguna**

Operativa de conexión a tierra del buque

Volcán de Taburiente

Trabajo Fin de Grado
Grado en Tecnologías Marinas
Enero de 2024

Autor:
Sergio Déniz Expósito
43485379S

Tutor/a: Prof, Dra. M^a del Cristo Adrián de Ganzo

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería
Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval
Universidad de La Laguna

D/D^a. M^a del Cristo Adrián de Ganzo, Profesor de la UD de ingeniería marina, perteneciente al Departamento de ingeniería civil, náutica y marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Sergio Déniz Expósito** con **DNI 43484379S**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Operativa de conexión a tierra del buque**

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 21 de mayo de 2024.

Fdo.: M^a del Cristo Adrián de Ganzo.

Tutor/a del trabajo.

Déniz Expósito, S. (2024). *Operativa de conexión a tierra del buque*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

RESUMEN

En este trabajo final de grado de tecnologías marinas se verá reflejado como es la operativa de conexión a tierra del buque Volcán de Taburiente en concreto, a su vez también veremos reflejados cómo funciona la unidad de control SYMAP junto al NORIS. También se verán reflejadas las distintas condiciones que se pueden llevar a cabo, los planos eléctricos del buque y también el consumo de heavy fuel oil que es ahorrado por los auxiliares al estar conectado y a su vez el consumo eléctrico del buque y el costo de cada conexión por operación de servicio y por Kw/h

Palabras claves: SYMAP y NORIS

Déniz Expósito, S. (2024). *Operativa de conexión a tierra del buque*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

ABSTRACT

In this final degree project in marine technologies, we will see how the ground connection operation of the Volcán de Taburiente ship in particular is. At the same time, we will also see how the SYMAP control unit works together with NORIS. The different conditions that can be carried out will also be reflected, the electrical plans of the vessel and also the consumption of heavy fuel oil that is saved by the auxiliaries by being connected and in turn the electrical consumption of the vessel and the cost of each connection. per service operation and per Kw/h

Keywords: SYMAP and NORIS

AGRADECIMIENTOS

Tutora

Oficialidad del Volcán de Taburiente

Capitanes y jefes

Profesorado

Familia

Compañeros

Oficial a cargo Alejandro Álvarez Fernández.

Muchas gracias a estas personas que me han ayudado a crecer tanto como persona como profesionalmente y han estado ahí a lo largo de todo este recorrido ayudándome y formándome de una manera u otra.

Índice del TFG

1. Introducción	9
2. Objetivos	9
1.1. Objetivos generales	10
1.1.1. Objetivos de TFG	10
1.2. Objetivos específicos	10
3. Revisión y antecedentes	11
4. Metodología	12
4.1. Características del buque	12
4.3. Materiales	12
5.Resultados	12
5.1.1. Software y capacidades de los SYMAP	15
5.1.2. Operaciones durante el acoplamiento transitorio unidad SYMAP TT	17
5.2 Listado de señales de control y alarmas	20
5.2.1 Entradas y salidas	20
5.2.1.1. Entradas digitales (DI) nuevo SYMAP TT	20
5.2.1.2. Entradas analogicas (AI) nuevo SYMAP TT	21
5.2.1.3. Salidas digitales (DO) nuevo SYMAP TT	21
5.2.1.4. Salidas analogicas (AO) nuevo SYMAP TT	22
5.2.2. Alarmas y mensajes programados	22
5.3. Condiciones iniciales	24
5.3.1. Conexión a tierra	24
5.3.2. Desconexión a tierra	24

5.4. Funcionamiento	25
5.4.1. Operaciones previas	26
5.4.2. Operaciones después del acoplamiento	27
5.4.3. Modo automatico	28
5.4.4. Modo manual	30
5.4.5. Parada de emergencia	30
5.4.6. Conexión de emergencia	30
6. Planos electricos	32
7. Conclusiones	44
8. Anexos	45
8.1. Tablas	45
8.2. Imágenes	45
8.3. Planos	46
9. Bibliografía	47

1. Introducción

En este trabajo sobre la operativa de conexión a tierra nos veremos sumergidos en la tarea diaria de los oficiales de máquinas a bordo de este buque. Cada noche en la llegada a Santa Cruz de La Palma se lleva a cabo la conexión a la isla, la cual desde el muelle mediante una grúa articulada nos acercan al costado de babor 5 cables de unos 14cm de diámetro los cuales enchufamos al buque.



Fotografía 1. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 2. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 3. Fuente: Elaboración propia

Antes de conectarlos el barco lleva una preparación previa, ya que estar enchufados no significa estar conectados, para ello hay que cumplir unas condiciones eléctricas las cuales nos permitirán sincronizarnos y conectarnos sin pasar por un blackout

2. Objetivos

Este trabajo de investigación tiene como finalidad el conocimiento de como se desarrolla la operativa a su vez de los equipos que hacen posible la conexión. Es uno de los pocos buques con bandera española que realiza esta tarea con aptitud casi diaria ya que hay casos en los que no podremos realizarlas por las condiciones eléctricas dadas en la isla

1.1. Objetivos generales

El objetivo es realizar un trabajo de investigación el cual sirva para contrastar datos y consumos del mismo, así como tener en cuenta las emisiones. También podría servir de ayuda la guía y proceso de desarrollo de la operación a los oficiales que lleguen nuevos a este buque.

1.1.1. Objetivos del TFG

Esto servirá para que así también los alumnos que estén estudiando el grado tengan a su mano la información suministrada en este trabajo y la guía de desarrollo de la operativa, para posteriormente poder preguntar en clase como eléctricamente puede ser esto posible o que se planteen y discutan si puede haber un procedimiento distinto, ya sea mejor o peor.

1.2. Objetivos específicos

Como finalidad veremos como se realiza la operativa, que preparatoria lleva, que herramientas y instrumentos hacen falta. También podremos llegar a la conclusión de si a la empresa le sale rentable esta conexión a tierra o si de lo contrario es más eficiente mantener los auxiliares arrancados, consumiendo mas de la cuenta pero ahorrando los gastos del personal de tierra para la conexión, a la vez que la carga eléctrica suministrada a lo largo de la conexión

3. Revisión y antecedentes

El presente trabajo se presentará en la Escuela Técnica Superior de Náutica y Tecnologías Marinas de Santa Cruz de Tenerife, como Trabajo Fin de Grado (TFG) con el objeto de obtener el título de Grado en tecnologías Marina que da acceso al título profesional de segundo oficial de Máquinas de la Marina Mercante.

El transporte marítimo es uno de los sistemas de transporte internacional más antiguo que existe y que más ha ido evolucionando a lo largo del tiempo debido a su eficiencia y rentabilidad para el desplazamiento de grandes mercancías entre países. Constituye un medio de transporte internacional de mercancías seguro y de bajo costo, que fomenta las relaciones comerciales entre las naciones, al tiempo que contribuye a su desarrollo económico y social. Es el uno de los pilares de la economía mundial ya que representa aproximadamente el 80% del transporte mundial de mercancías. Continúa siendo un mercado emergente y muestra de esto es que durante el último año la flota mercante mundial creció un 3,2% en toneladas de peso muerto (DWT) y un 3,4% en arqueado bruto (GT). Además, se incrementó la cantidad de toneladas de mercancías transportadas hasta los 11.982 millones, un 3,3% más que en el 2021 (ANAVE, 2021/2022).

Sin embargo, esto también contribuye negativamente al medioambiente produciendo una gran cantidad de gases contaminantes y de efecto invernadero a la atmosfera causando que en 2005, entrara en vigor el Anexo VI del Convenio MARPOL 73/78, que establece límites en la emisión a la atmósfera de determinados gases contaminantes procedentes de los motores Diesel.

En el año 2011, la OMI adoptó una serie de medidas técnicas y operacionales obligatorias en lo que a eficiencia energética se refiere, con el objetivo de lograr una reducción del consumo de combustible y de emisiones de CO₂ durante las operaciones del buque, la Resolución MEPC.203(62) (OMI, 2011), que modifica el Anexo VI.

Todas estas directrices y medidas normativas, impulsadas por la OMI, están empujando al sector naval, por un lado, a implementar técnicas que permitan la gestión y optimización de la energía y, así, aumentar la eficiencia energética de los buques con el objetivo de reducir los consumos de combustible, ahorrar costes y reducir las emisiones de GEI (OMI, 2020) (OMI, 2020).

Esto a obligado a los puertos y a las navieras a adoptar medidas operacionales y técnicas para la reducción de gases contaminantes, como es por ejemplo la conexión a tierra o también llamada “Cold Ironing” o “Onshore Power Supply (OPS)”

4. Metodología

Para desarrollar ese trabajo se ha sacado información de los manuales eléctricos del buque, he hablado con la empresa desarrolladora de la maniobra (Rodritol) y también se a conseguido recaudar información preguntando a los oficiales de máquinas del buque.

También parte de este trabajo viene en consecuencia de la experiencia obtenida a lo largo de estos 9 meses en este buque.

4.1. Características del buque

Compañía: Armas	Cubiertas: 8
Nombre: Volcán de Taburiente	Pasajeros máximo: 1138
Tipo de buque: Roll on – Roll of ship	Combustible: HFO-Diesel
Numero IMO: 9348558	Potencia total: 4 x 4500Kw
Bandera: Española	Propulsión: 4 Caterpillar 9M32C
Puerto de registro: Santa Cruz de Tenerife	Generadores Auxiliares: 2 Wartsilas
Señal de llamada: ECKH	Potencia eléctrica: 2 x 900Kw
BV RE. Nr: 07508N	Generador de emergencia: 277 Kw
Toneladas 12895	Caldera: 1 Diesel, 21.70 m ² , 9 bar
Año de construcción 10 Junio 2005	Economizadores: 2, 62 m ² , 9 bar
Manga: 20m	
Eslora: 130m	

4.2. Material

Para poder comprender este TFG es necesario tener unos conocimientos mínimos sobre esta operación. Debemos tener en cuenta que para poder conectar a tierra ha hecho falta incorporar equipos nuevos:

- Symap Tipo G (Suministro NORISPAN)
- Relés, fusibles y unas modificaciones en el cuadro principal (No suministrado por NORISPAN)

Una (1) nueva unidad SYMAP, tipo G (Generator protection, without differential protection, and synchronizer incl. controller package), cuyas funciones serán:

- Actuar sobre el generador AG dispuesto, para sincronizar con la toma de tierra.
- Detectar la situación de sincronismo.
- Abrir-cerrar los interruptores principales de la toma de tierra (Q10.1) y de los generadores diesel (Q19 y Q21) , según corresponda.
- Recibir y procesar todas las señales exteriores necesarias para controlar la planta durante la fase transitoria.
- Generar y enviar igualmente al exterior las señales de control requeridas por el sistema.
- Relé de protección.
- Medida de energía activa y reactiva consumida, potencia, tensión, intensidad, armónicos, factor de potencia, etc....

Para la conexión y desconexión también es importante la unidad de sincronismo, la cual se basa en un microprocesador la cual nos da una indicación visual de la frecuencia de en este caso los generadores. Antes de desconectar a tierra este se sincroniza con la frecuencia de tierra y después de pasar la carga saca de barras la conexión a tierra y deja acoplado el auxiliar. En caso de la conexión lo que hace es sincronizar un generador con la conexión a tierra y una vez sincronizado acopla la conexión y saca de barras el generador

5.1.1. Software y capacidades de los SYMAP

SYMAP Series		Y									BC	
Type		EC	ECG	F	G	M	T	LD	D	BC	BCG	
POWER MANAGEMENT MODULES												
Synchronizing unit		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Load sharing/asymmetrical load ctrl.		-	X	-	X	-	-	-	-	-	X	
Frequency controller		X	X	-	X	-	-	-	-	-	X	
Voltage regulator		X	X	-	X	-	-	-	-	-	X	
Power factor control		-	X	-	X	-	-	-	-	-	X	
Load controller (big consumer)		-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	
Load depending start/stop (PMS)		-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	
Preferential trip management		-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	
Blackout management		X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	
Diesel control (engine control)		X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	
LOGIC BUILDER UNIT (PLC)												
Breaker controls/interlocks		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Logic diagrams		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PROTECTION RELAYS (ACCORDING TO ANSI DEVICE NUMBERS)												
15	Matching device (motorpoti)	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	
21	Distance protection	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
24	Overexcitation protection	-	X	-	X	X	-	-	-	X	X	
25/A	Automatic synchroniz., Synchro-Check	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	
27	Undervoltage, inst., def. time	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
27B	BUS undervoltage, def.time	X	X	(X)	(X)	-	(X)	(X)	X	X	X	
32	Overload relay	-	X	X	X	X	(X)	(X)	X	X	X	
37	Undercurrent protection	-	X	-	X	X	-	-	-	X	X	
40/Q	Loss of field, reac.power, Impedance	-	(X)	-	(X)	-	-	-	-	X	X	
46	Reverse phase current	-	X	-	X	X	-	-	X	X	X	
47	Phase sequence voltage	(X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
49	Thermal overload protection	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
50BF	Breaker failure	-	X	X	X	X	X	X	-	X	X	
50	Overcurrent, instantaneous	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
50G/N	Current earth fault, instantaneous	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
51	AC time overcurrent, def.time, IDMT	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
51G/N	AC Ground overcurr., def.time, IDMT	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
51LR	Locked rotor	-	-	-	-	X	-	-	-	X	X	
51V	Voltage restrained overcurrent	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	
59	Overvoltage, Inst., def. time, norm.Inv.	(X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
59B	BUS overvoltage, relay definite time	(X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
59N	Residual overvoltage	(X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
60FF	Fuse failure (voltages)	(X)	X	X	X	X	X	X	-	X	X	
64	Ground overvoltage	(X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
66	Start Inhibit	-	-	-	-	X	-	-	-	X	X	
67	AC dir. overcurrent, def. time, IDMT	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
67GS/GD	AC directional earth fault, definite time	-	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	X	X	X	
78	Vector surge supervision	(X)	X	(X)	X	-	-	-	X	X	X	
78S	Out of step tripping	-	X	-	X	-	-	-	-	X	X	
79	Auto reclosing	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	
81	Frequency supervision	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
81B	BUS frequency supervision	(X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
86	Electrical lock out	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
87G/M	Generator/Motor differential	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	
87LD	Line differential	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	
87N	Restrict earth fault relay	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	
87T	Transformer differential	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	
94	Trip circuit supervision	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
95I	Inrush blocking	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	
FL	Fault locator	-	-	X	-	-	(X)	-	X	X	-	

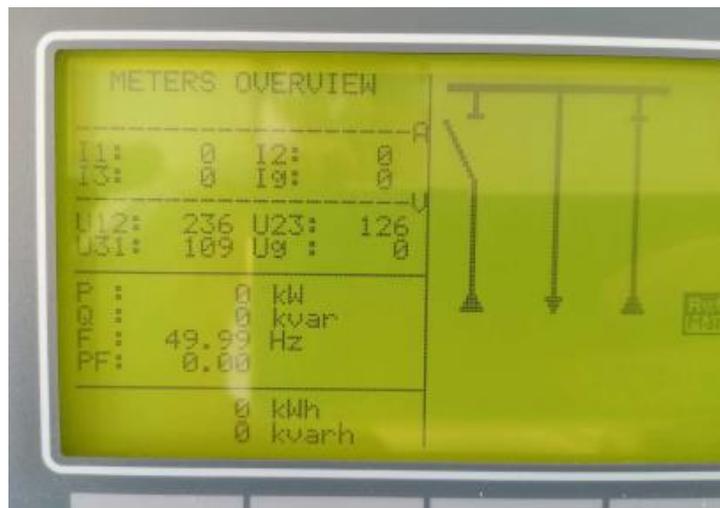
Tabla 1 Fuente: Catalogo SYMAP

En la pantalla del SYMAP TT se incluye el siguiente mímico donde se podrá comprobar el estado del interruptor de la toma de tierra en el cuadro principal (1) así como el estado del interruptor automático del generador auxiliar afectado (2).

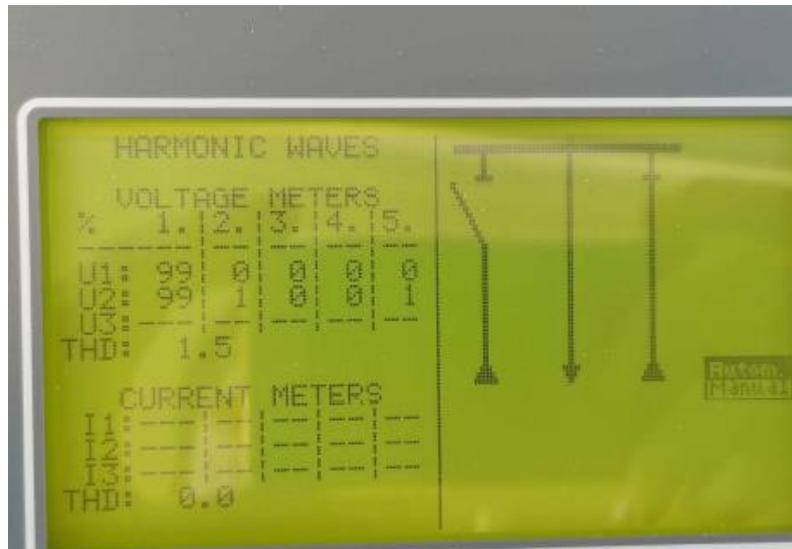
Graphic name: Panel 305		Feedback Parameter						Notes
		ON	OFF	IN	OUT	E-ON	E-OFF	
Breaker	1	[0113]	[0114]	[0117]	[0118]	[0121]	[0122]	PM (BCG/XG): CB CLOSED if Breaker 1 ON.
	2	[0126]	[0127]	[0130]	[0131]	[0134]	[0135]	
	3	-	-	-	-	-	-	
	4	-	-	-	-	-	-	
	5	-	-	-	-	-	-	
Breaker	Control Events							
	ON		OFF	OUT	IN	E.	OFF	
	→		→	→	→	→	→	
	OFF		ON	IN	OUT	OFF	E.	
	1	[0115]	[0116]	[0119]	[0120]	[0123]	[0124]	
	2	[0128]	[0129]	[0132]	[0133]	[0136]	[0137]	
3	-	-	-	-	-	-		
4	-	-	-	-	-	-		
5	-	-	-	-	-	-		
		Counter Parameter						
[0158]	Counts Breaker 1 OFF → ON movement							
[0159]	Counts Breaker 1 OFF → EARTH movement							
[0160]	Counts Breaker 2 OFF → ON movement							
[0161]	Counts Breaker 2 OFF → EARTH movement							
[0162]	-							

Fotografía 5. Fuente: Symap

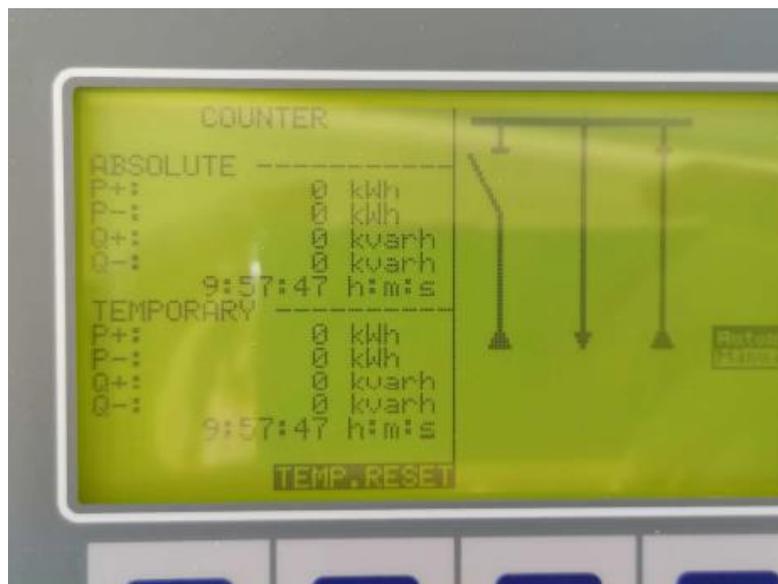
También y desde dicho SYMAP TT se monitoriza las horas de conexión a tierra, la energía activa y reactiva consumida tanto en valores absolutos como temporales, así como diferentes valores de tenciones, frecuencias, factor de potencia e incluso armónicos



Fotografía 6. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 7. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 8. Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Operaciones durante el acoplamiento transitorio unidad SYMAP TT

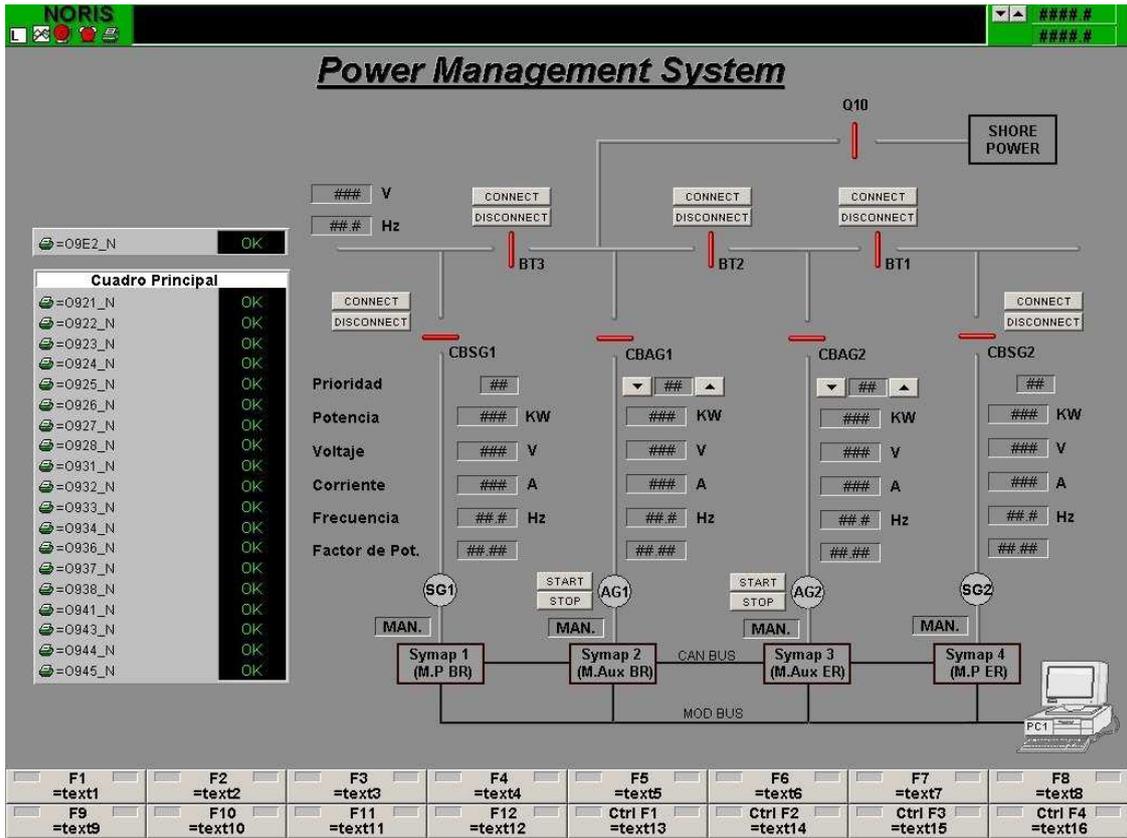
Se consideran en este grupo las siguientes:

- Iniciación del proceso de acoplamiento transitorio

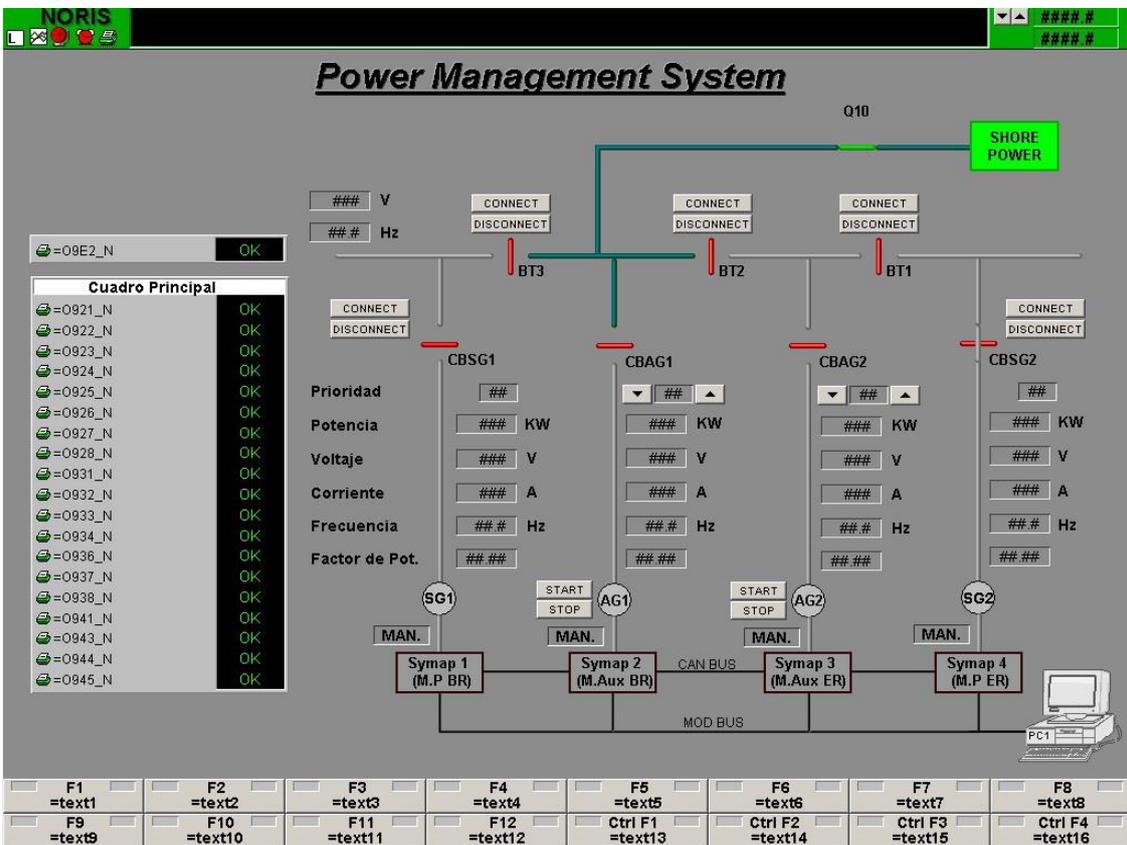
- Asociación de la unidad SYMAP TT al generador diesel seleccionado.
- Subir/bajar RPM del DG para ajustar sus valores de tensión y frecuencia a los de la toma de tierra, que son fijos.
- Comprobar que el orden de sucesiones de fases es igual en DG y T.T.
- Verificar sincronismo entre las dos fuentes eléctricas (Tierra y Generador).
- Generar orden de conexión de la fuente que se incorpora (Q10.1 para TT y Q19 o Q21 para los generadores del buque).
- Verificar conexión de la fuente anterior.
- Generar orden de desconexión de la fuente que se retira (Q10.1 para TT y Q19 o Q21 para los generadores del buque).
- Verificar desconexión de la fuente anterior.

En el intervalo de conexión/desconexión de las fuentes se produce un acoplamiento transitorio entre TT y AG, cuya duración es mínima, de manera que si este tiempo se supera (por algún fallo, avería o cualquier otra causa) el proceso se detiene volviendo a la situación inicial mostrando una alarma en pantalla. Es necesario pulsar de nuevo, después de analizado el fallo, para iniciar de nuevo el proceso.

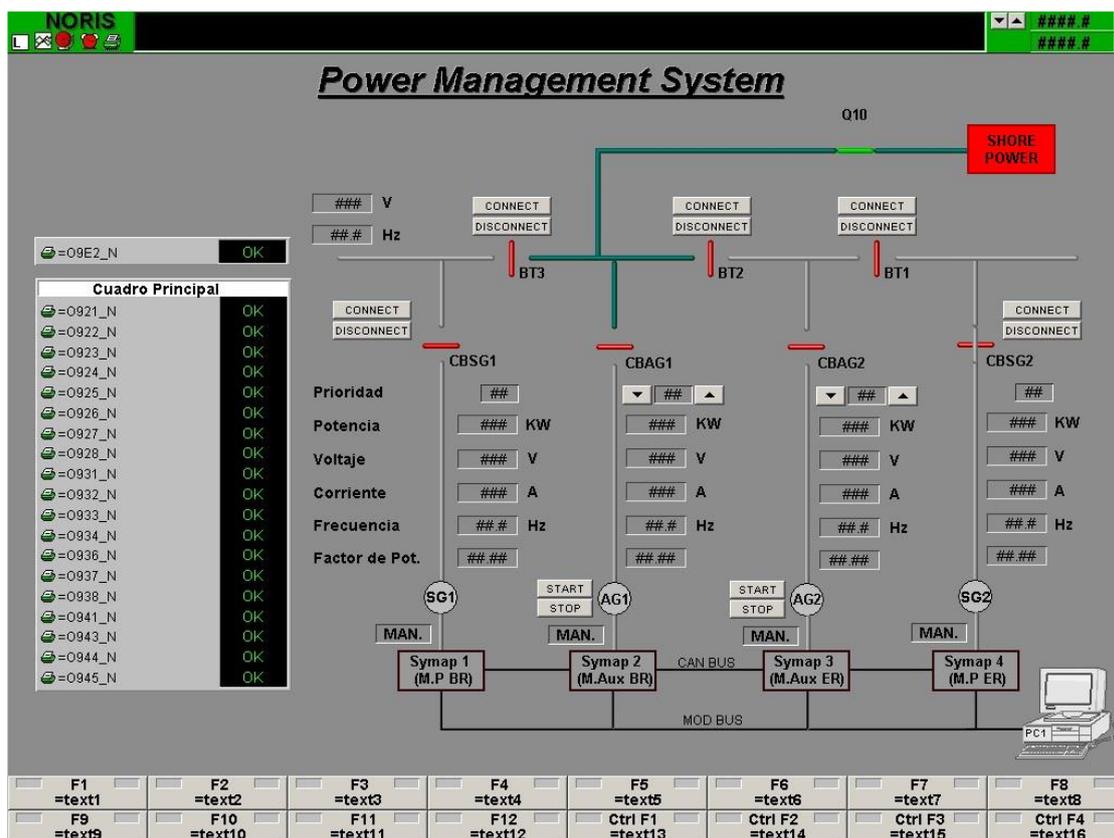
Desde el mímico de la automatización, se podrá comprobar el estado de la toma de tierra (abierto/cerrado) señalizando en verde cuando está conectada, así como las pre-alarmas de la sobrecarga, las cuales se han fijado a los siguientes niveles: 85% -5s y 95% - 1s, mostrándose en rojo la sobrecarga, como se muestra en las siguientes figuras:



Fotografía 9. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 10. Fuente: Elaboración propia



Fotografía 11. Fuente: Elaboración propia

5.2. Listado de señales de control y alarmas

Este controlador automático también cuenta con una serie de alarmas y valores de control que se ven reflejados en los monitores con el NORIS. Contamos con varios tipos de señales y alarmas los cuales necesitan unas entradas y salidas de control de los valores eléctricos del buque. Están entradas y salidas están directamente acopladas al SYMAP, el cual después actúa sobre los generadores. En la documentación anexa se muestran los planos conceptuales del sistema.

5.2.1. Entradas y salidas

A continuación se muestran las señales previstas del SYMAP TT :

5.2.1.1. Entradas digitales (DI) nuevo SYMAP TT

- Estado del selector manual/automático del Cuadro S21
- AG1 running
- Estado del interruptor automático del AG1 (on-off)

- AG2 running
- Estado del interruptor automático del AG2 (on-off)
- Estado del interruptor automático del SG1 (on-off)
- Estado del interruptor automático del SG2 (on-off)
- Estado del interruptor automático de la toma de tierra Q10.1 (on-off)
- Estado del interruptor automático del BT2 (on-off)
- Selección funcionamiento toda de tierra (selector S211): acoplamiento en manual o automático
- Presencia de tensión aguas abajo del interruptor de la toma de tierra.

El Symap TT tiene libres 8 entradas de respeto.

5.2.1.2. Entradas analógicas (AI) nuevo SYMAP TT

- Voltaje toma de tierra (3 fases), aguas abajo del Q10.1.
- Voltaje de generador auxiliar (AG1 ó AG2), aguas debajo de su interruptor automático.
- Intensidad, a través de trafos de corriente, de la toma de tierra para lectura de la energía activa y reactiva consumida.

El Symap TT tiene dos entradas libres de reserva, tipo 0/4-20mA

5.2.1.3. Salidas digitales (DO) nuevo SYMAP TT

- Orden conexión Q10.1 (toma de tierra)
- Orden conexión del interruptor automático de AG1
- Orden conexión del interruptor automático de AG2
- Orden desconexión Q10.1 (toma de tierra)
- Orden desconexión del interruptor automático de AG1
- Orden desconexión del interruptor automático de AG2
- Subir-bajar revoluciones del grupo seleccionado.
- Sincronismo.

- Generador N.1 funcionando, (señal interna)
- Generador N.2 con el bustie BT2 cerrado y el generador N.1 parado (señal interna)
- Reserva 1
- Sobrecarga 85%-5s & 95%-1s

5.2.1.4. Salidas analógicas (AO) nuevo SYMAP TT

El Symap TT tiene dos salidas analógicas, de reserva, tipo 0/4-20mA

5.2.2. Alarmas y mensajes programados

La siguiente tabla muestra las alarmas programadas en la nueva unidad SYMAP TT, así como sus setpoints. Dicha tabla también incluye los mensajes programados que se indican en el display de la unidad.

Nº Alarma	1.Linea.	Mensaje	Valor de disparo (abs)	Valor de disparo (%)	Retardo de disparo
1	A27-B MAIN BUSBAR	UNDERVOLT ALARM	340V	85%	5 sg
2	A59-B MAIN BUSBAR	OVERVOLT ALARM	424V	106%	5sg
5	A32-1 OVERLOAD	SHORE CONNECTION	700,00 kW	87,50%	10sg
6	A32-2 OVERLOAD	SHORE CONNECTION	760,00 kW	95%	1 sg
7	A32-1 REV.POWER	SHORE CONNECTION	80,0 kW	10 %	5 sg
10	A50 SHORT CIRCUIT	SHORE CONNECTION	4329 A	300%	0,5 sg
12	A50 SHORT CIRCUIT	REVRESE LIMIT	4329 A	300%	0,2 sg
14	HIGH LOAD FOR	GENERATOR			

18	A51- OVERCURRENT	IDMT	1587,3 A	110%	0,5 sg
19	A51- OVERCURRENT	STEP 1	1587,3 A	110%	90 sg
20	A51- OVERCURRENT	STEP 2	1731,6 A	120%	30 sg
21	A51- OVERCURRENT	STEP 3	2164,5 A	150%	1 sg
23	SHORE AVAILABLE	SELECT CB AND '1'			
24	DG AVAILABLE	SELECT CB AND '1'			
27	SHORE CONTROL	MANUAL MODE			
28	SHORE SUPPLY	NOT PRESENT			
31	EMERGENCY CB OFF	SYMAP			
32	EMERGENCY CB OFF	EXTERN			
34	SHAFT GEN. IS ON	TRANSITION BLOCK			
41	CB UNDEFINED	POSITION			
42	CB OPENING	FAILURE			
43	CB CLOSING	FAILURE			
50	SYNCHRONISATION	FAILURE			
52	AUX.SUPPLY	UNDERVOLTAGE	19,2 V DC	80%	10 sg
53	AUX.SUPPLY	OVERVOLTAGE	28,8 V DC	120%	10 sg
71	SHORE VOLTAGE	LEFT ROTATION			

72	BUSBAR VOLTAGE	LEFT ROTATION			
----	----------------	---------------	--	--	--

Tabla 2. Fuente: Autor

Las alarmas anteriores provocaran la apertura automática del interruptor Q10.1.

5.3. Condiciones iniciales

Para conectar o desconectar a tierra tenemos que cumplir primero unas condiciones las cuales permitan a la unidad de control poder sincronizar de manera automática

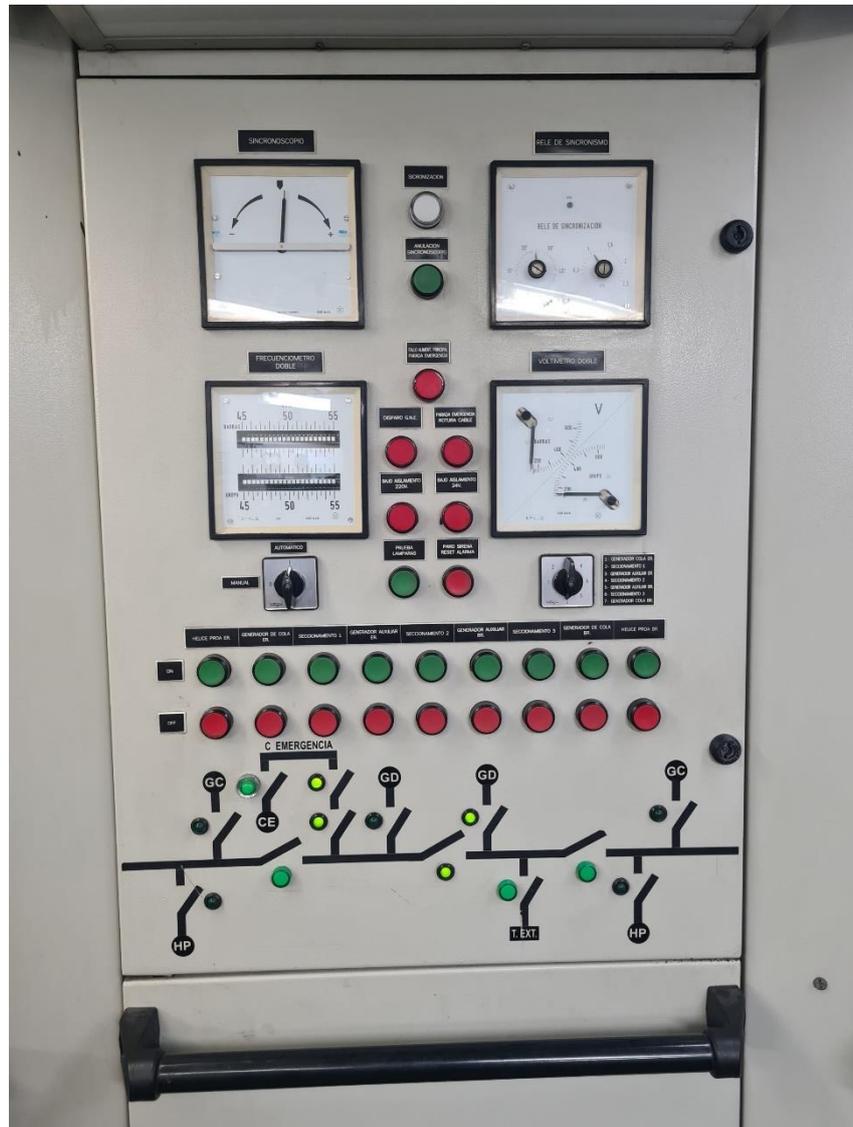
5.3.1 Conexión Tierra

- Parar motores principales
- Parar ventilaciones, aire acondicionado y bombas de aceite y de agua de los motores
- Esperar a que baje la carga a unos 420 KW aproximadamente
- Que el voltaje de tierra no sea superior a 420 V (que no haya tanta diferencia de voltaje con el del barco ya que en este se generan 400 V)
- Selector S21 en el Cuadro Principal en modo manual.
- Parar uno de los generadores y esperar el cooling down
- Conexión de la toma de tierra a la caja de toma de tierra. (Pañol de conexión a tierra)
- Pulsamos F3 una vez, F4 hasta seleccionar el interruptor abierto y pulsamos botón verde, ahí la conexión se empezará a realizar

5.3.1 Desconexión Tierra

- Arrancamos un generador auxiliar y esperamos que este llegue a una temperatura de funcionamiento estable (unos 200°C)
- Colocamos el selector de sincronismo en automático

- Vigilamos la carga (quitamos aire acondicionado e incluso los precalentadores de agua dulce de alta temperatura si es necesario para que la carga baje)
- Una vez la carga esté estabilizada ya procedemos a la desconexión pulsando F3 una vez y F4 hasta seleccionar el interruptor abierto y por último seleccionar el interruptor verde.



Fotografía 12. Fuente: Elaboración propia

5.4. Funcionamiento

El sistema funciona tanto en modo manual como en modo automático.

Previamente y posteriormente a cualquier transferencia de carga, se deben realizar las siguientes operaciones:

5.4.1. Operaciones previas

- Selector S21 en el Cuadro Principal en modo manual.



Fotografía 13. Fuente: Mnaual

- Arranque del generador diesel que intervendrá en el proceso. (En caso del AG2, el bustie BT2 deberá estar cerrado), en caso de la transferencia desde tierra a barco, en caso contrario, se deberá parar el generador diesel no necesario.

-Eliminar carga del cuadro principal hasta tener una carga de 430kW, aproximadamente. Si la carga es superior a 520kW la transición quedará bloqueada en el sentido tierra a barco.

- Conexión de la toma de tierra a la caja de toma de tierra.

Una vez conectada la toma de tierra a la caja de toma de tierra, la nueva unidad SYMAP TT, detectará automáticamente la configuración del sistema en dicho momento, asignando un modo de funcionamiento prefijado a dicha cada configuración:

Modo 1: Transferencia de carga desde AG1 a tierra.

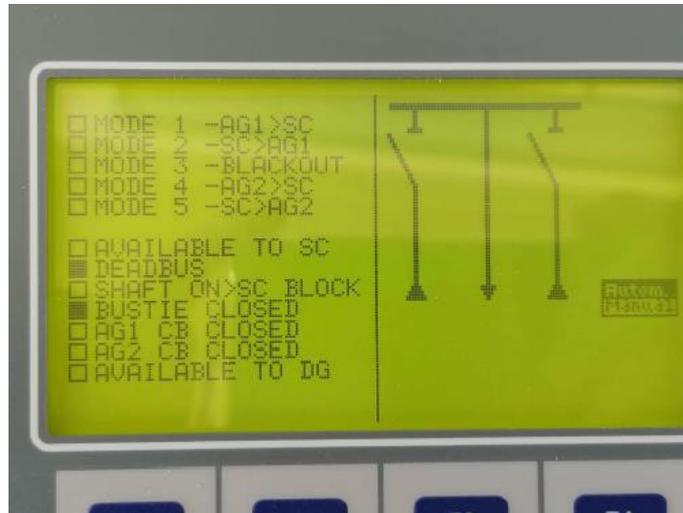
Modo 2: Transferencia de carga desde Tierra a AG1.

Modo 3: Blackout. Energizar el MSB con la toma de tierra, partiendo este de barra muerta..

Modo 4: Transferencia de carga desde AG2 a tierra (BT2 deberá estar conectado).

Modo 5: Transferencia de carga desde tierra a AG2(BT2 deberá estar conectado).

Además, el sistema indicará si la transferencia de carga es posible o no, marcando como AVAILABLE TO SC/DG, como se muestra en la siguiente



Fotografía 14. Fuente: Elaboración propia

Para poder realizar cualquier transferencia de carga, el sistema deberá detectar el modo de funcionamiento del sistema adecuado (detección automática) y deberá estar disponible (available) por lo que el selector S21 estará en manual así como se buscará una carga optima de 430kW conectada a barras.

5.4.2. Operaciones después del acoplamiento

Una vez realizado el acoplamiento transitorio satisfactoriamente, estando entonces el Cuadro Principal alimentado desde tierra, se deberá dejar el cuadro en condiciones de salida de blackout por si se produjera algún fallo desde tierra. Para lo cual se debe poner el Cuadro en la siguiente configuración:

- Poner el selector S21 en automático

- Poner uno o ambos alternadores auxiliares en AUTO, sin arrancar ni conectarse al cuadro, para que en caso de blackout arranquen automáticamente y se conecten

Poner el selector S211 de la toma de tierra en modo pos.1: manual.



Fotografía 15. Fuente: Manual

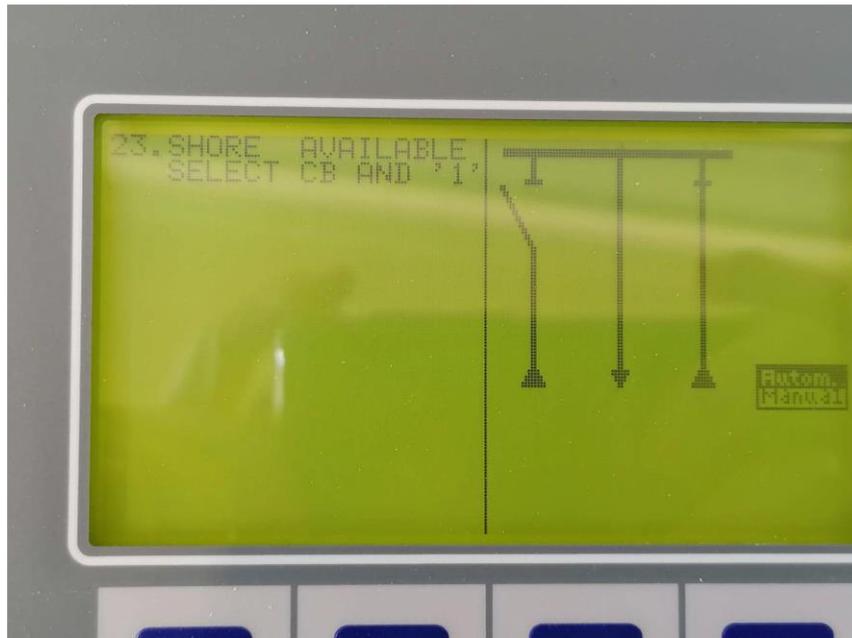
5.4.3. Modo automático

Una vez realizado los pasos previos anteriores , se deberá poner el selector de la toma de tierra (S211) en pos.2 automático



Fotografía 16. Fuente: Manual

Posteriormente, aparecerá automáticamente la siguiente pantalla en el nuevo SYMAT TT.



Fotografía 17. Fuente: Elaboración propia

El operador, únicamente deberá inicializar el sistema, seleccionando el interruptor de la nueva red que se quiere incorporar pulsando sobre el mismo F4+ "1".



Fotografía 18. Fuente: Elaboración propia

A continuación el sistema, automáticamente, y sin operación alguna del operador, realizará las siguientes operaciones:

- Subir/bajar, automáticamente, revoluciones del generador auxiliar involucrado.
- Una vez que ambas redes estén en sincronismo, la nueva unidad SYMAT TT pondrá, automáticamente, ambas redes en paralelo, cerrando ambos interruptores automáticos.
- Tras un breve periodo de tiempo para la transferencia de carga, se desconectará automáticamente la red inicial, dejando en servicio una única red.

Si al cabo de un tiempo de comenzar la operación no se ha realizado la transferencia de carga, el sistema se parará automáticamente, mostrando un mensaje de error en la pantalla y deberá volver a ser inicializado por parte del operador.

Las cargas para realizar las transferencias son:

- Carga optima para realizar la transferencia de carga: 430kW.
- Carga máxima para trasegar de tierra a barco: 520 kW.

Con el selector S211 en modo automático, siempre se podrá abrir manualmente el interruptor Q10.

5.4.4. Modo manual

Con el selector de la toma de tierra (S211) en posición 1-manual, la transferencia de carga se realizará de forma manual, siendo responsabilidad del operador las acciones de subir/bajar revoluciones del auxiliar involucrado, así como las ordenes de abrir/cerrar los interruptores automáticos del sistema.

Con el selector S211 en modo manual, siempre se podrá abrir manualmente el interruptor Q10.

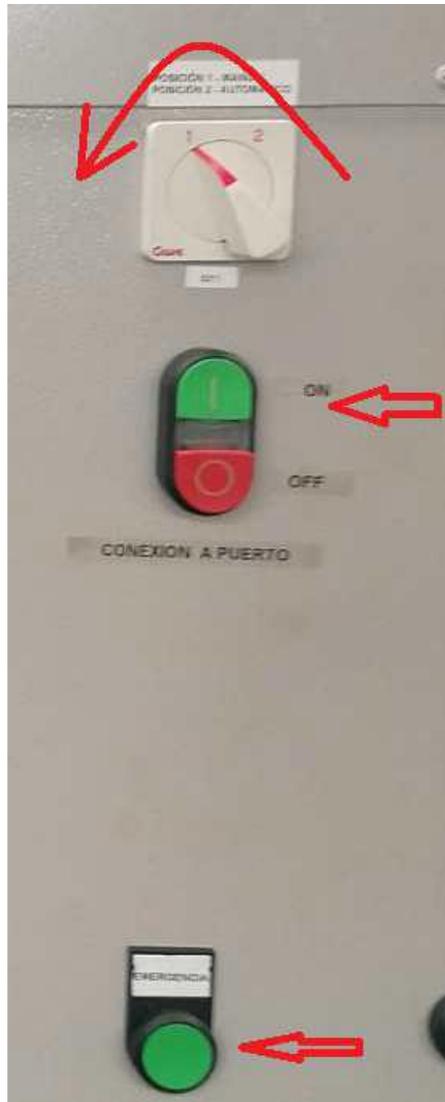
5.4.5. Parada de emergencia

Se ha programado desde la unidad SYMAP TT, una parada de emergencia (pulsar EM.STOP+”O”) de forma que independientemente de cualquier modo o estado de selector S211, la activación de dicha parada, hará desconectar el interruptor Q10.

5.4.6. Conexión de emergencia

En caso de fallo de la unidad SYMAP TT, el operador podrá siempre conectar la toma de tierra, sin sincronismo, por lo que esta maniobra deberá realizarse únicamente con el

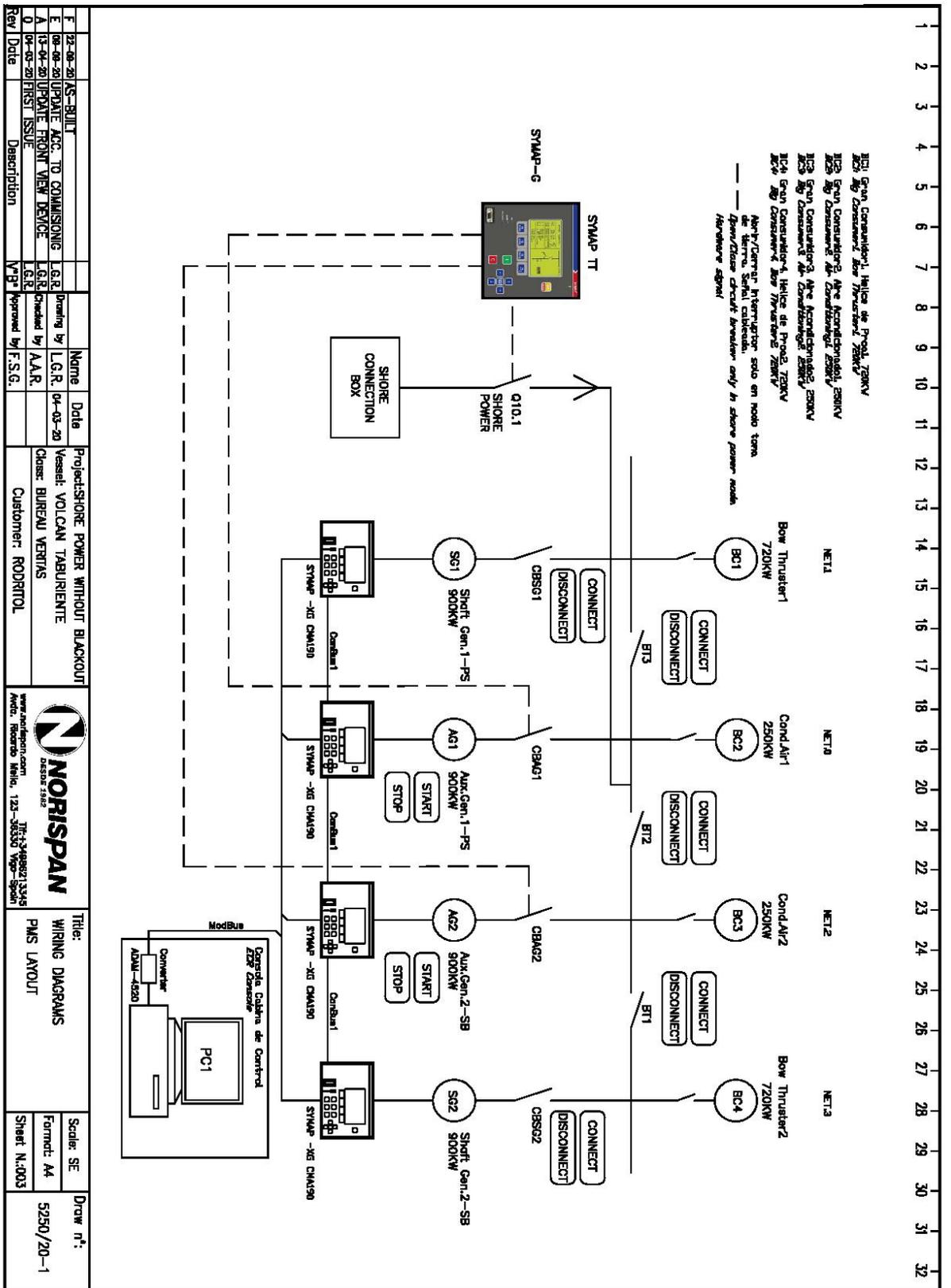
Cuadro Principal en barra muerta (blackout), poniendo el selector de la toma de tierra en modo manual, y pulsando simultáneamente los botones del panel de la toma de tierra de ON+EMERGENCIA



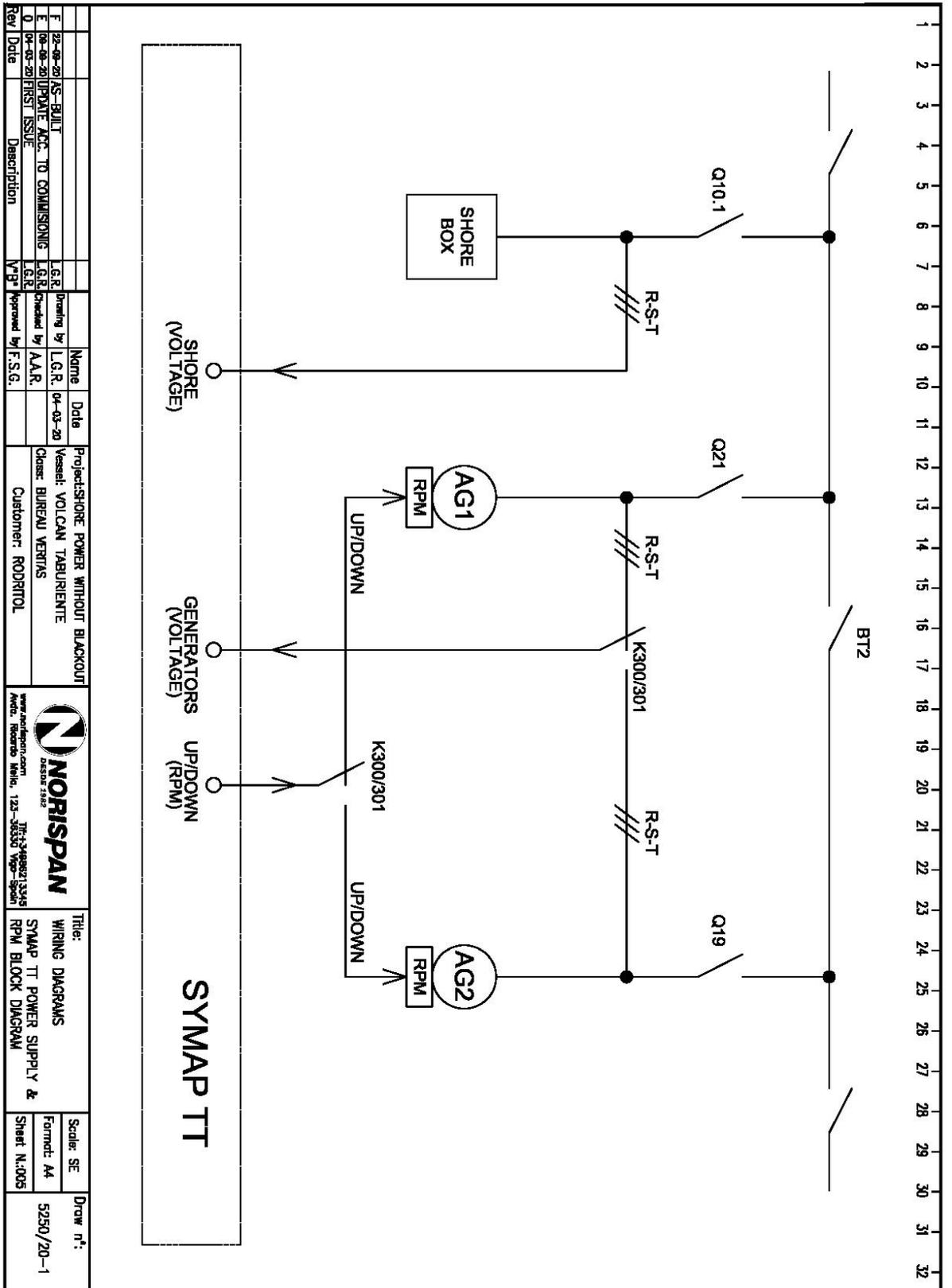
Fotografía 19. Fuente: Elaboración propia

Para realizar esta operación los generadores auxiliares deberán estar parados y en manual.

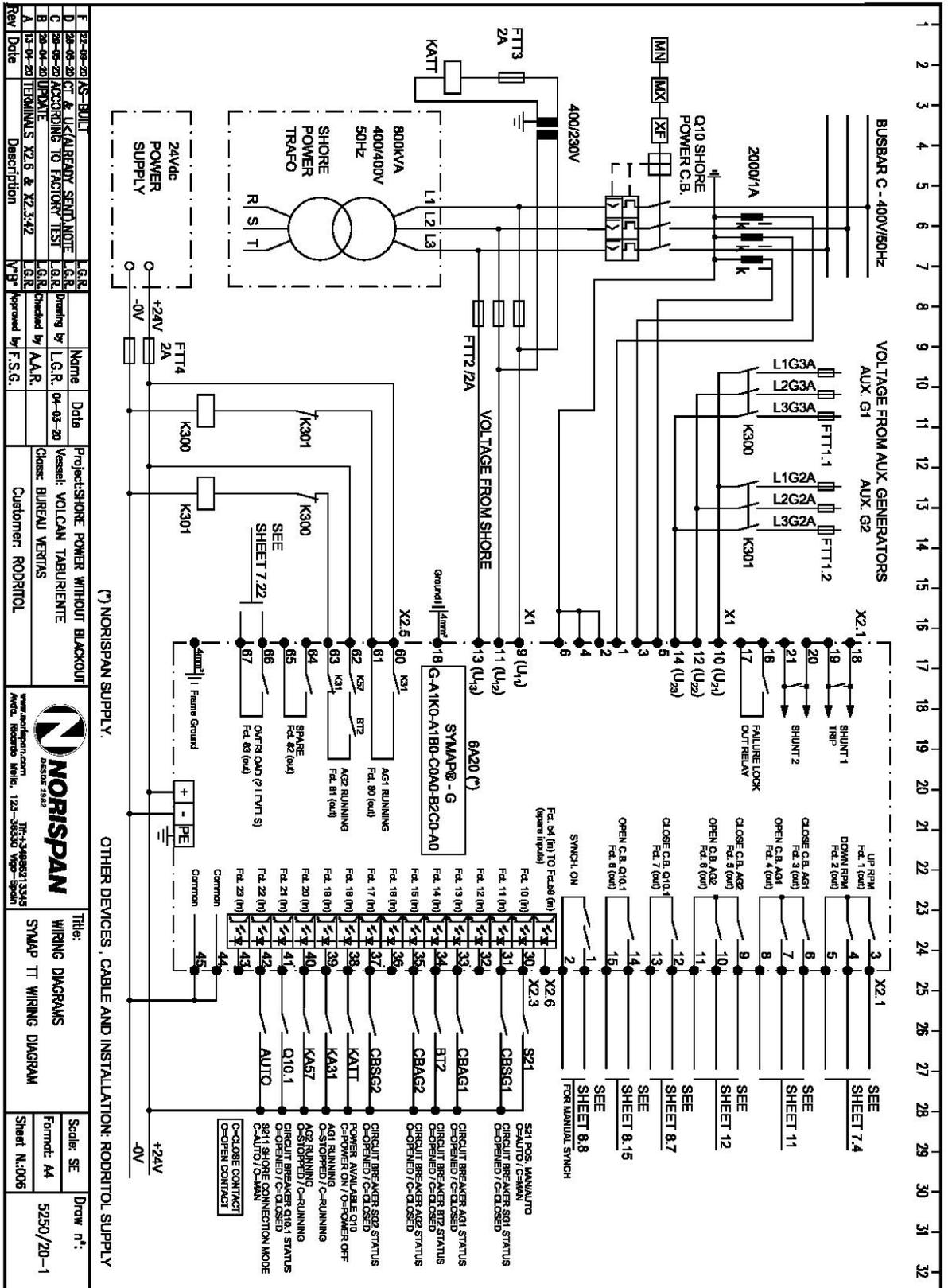
6. Planos eléctricos



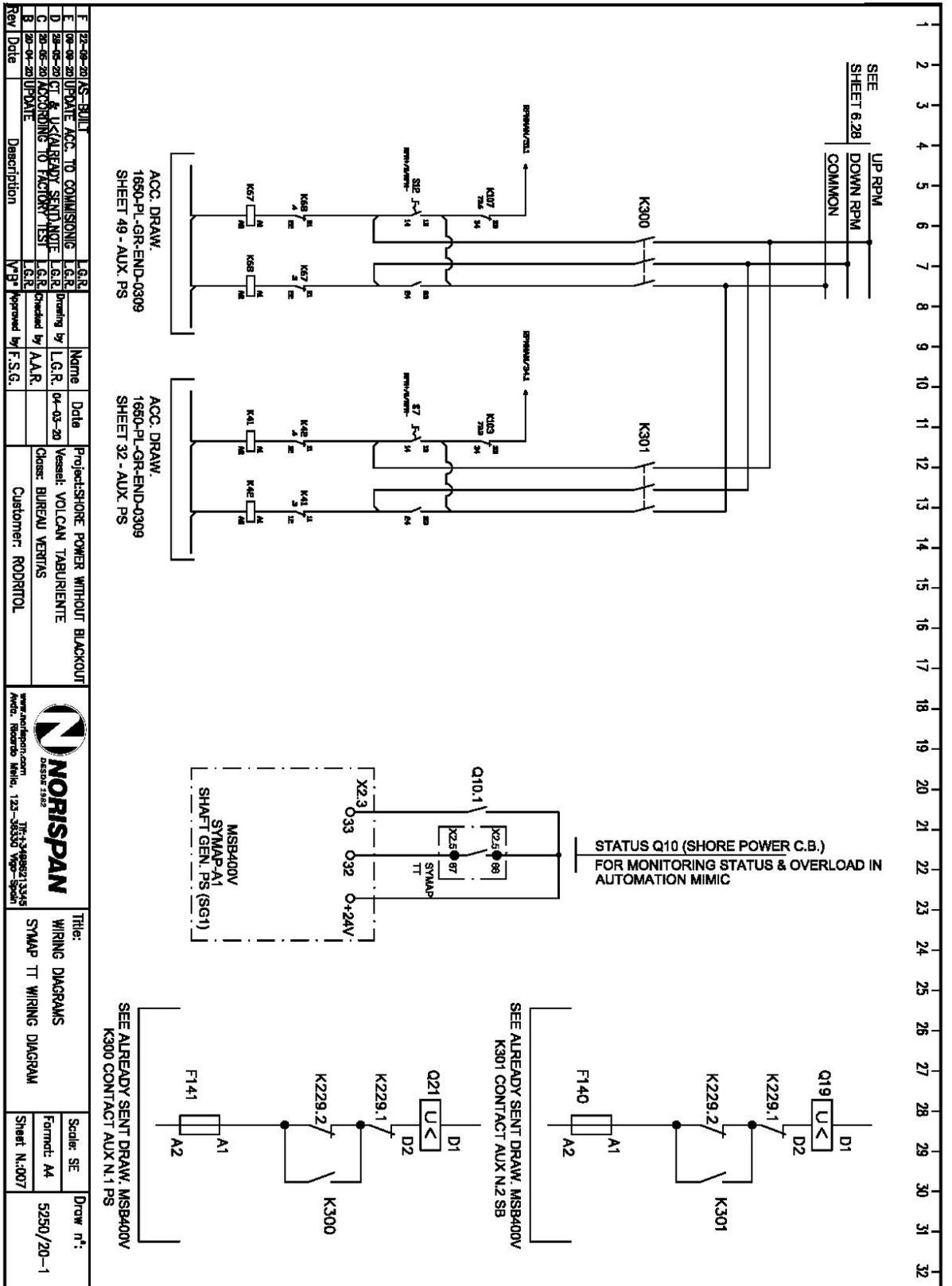
Plano 1. Fuente: Rodritol



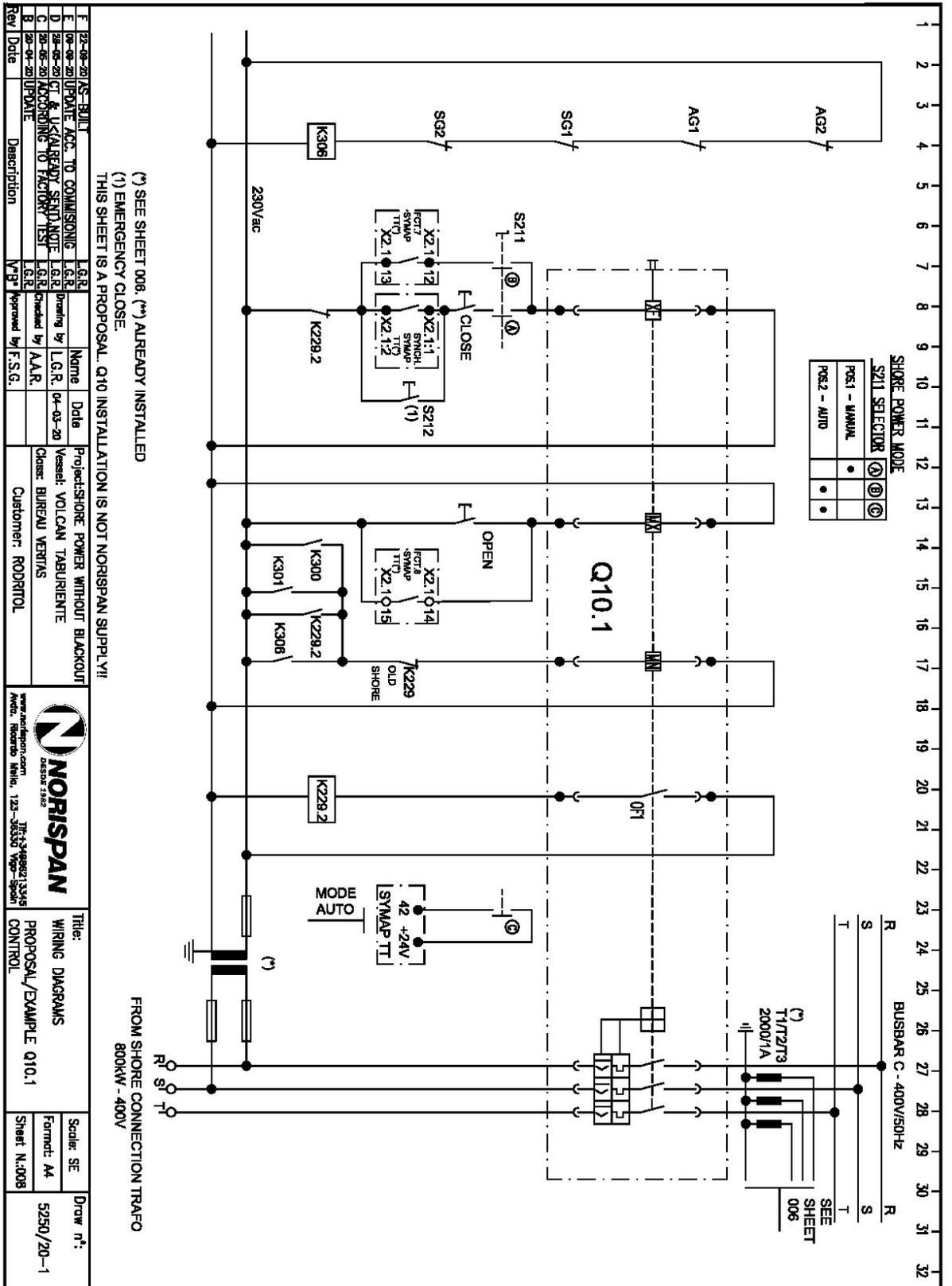
Plano 3 Fuente: Rodritol



Plano 4. Fuente: Rodritol



Plano 5. Fuente: Rodritol



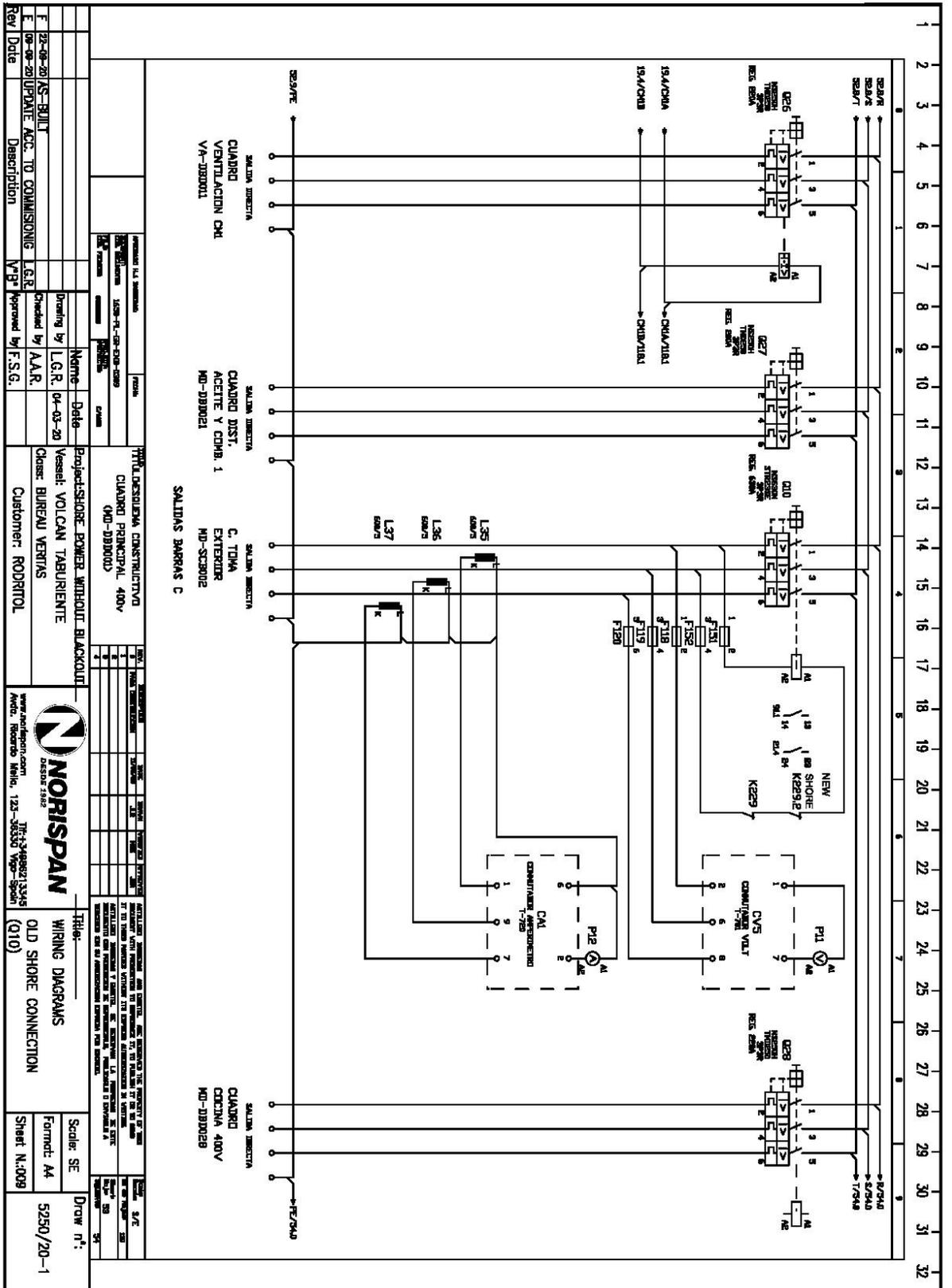
Rev	Date	Description	Y/P	Approved by
E	25-08-20	AS-BUILT	L.G.R.	
F	08-08-20	UPDATE ACC. TO COMMISSIONING	L.G.R.	
D	28-05-20	CT & M1 ALREADY START NOT	L.G.R.	
C	28-05-20	EXPANDING TO FACTORY TEST	L.G.R.	
B	25-07-20	UPDATE	L.G.R.	

Rev	Date	Description	Y/P	Approved by
E	08-08-20	AS-BUILT	L.G.R.	
F	08-08-20	UPDATE ACC. TO COMMISSIONING	L.G.R.	
D	28-05-20	CT & M1 ALREADY START NOT	L.G.R.	
C	28-05-20	EXPANDING TO FACTORY TEST	L.G.R.	
B	25-07-20	UPDATE	L.G.R.	

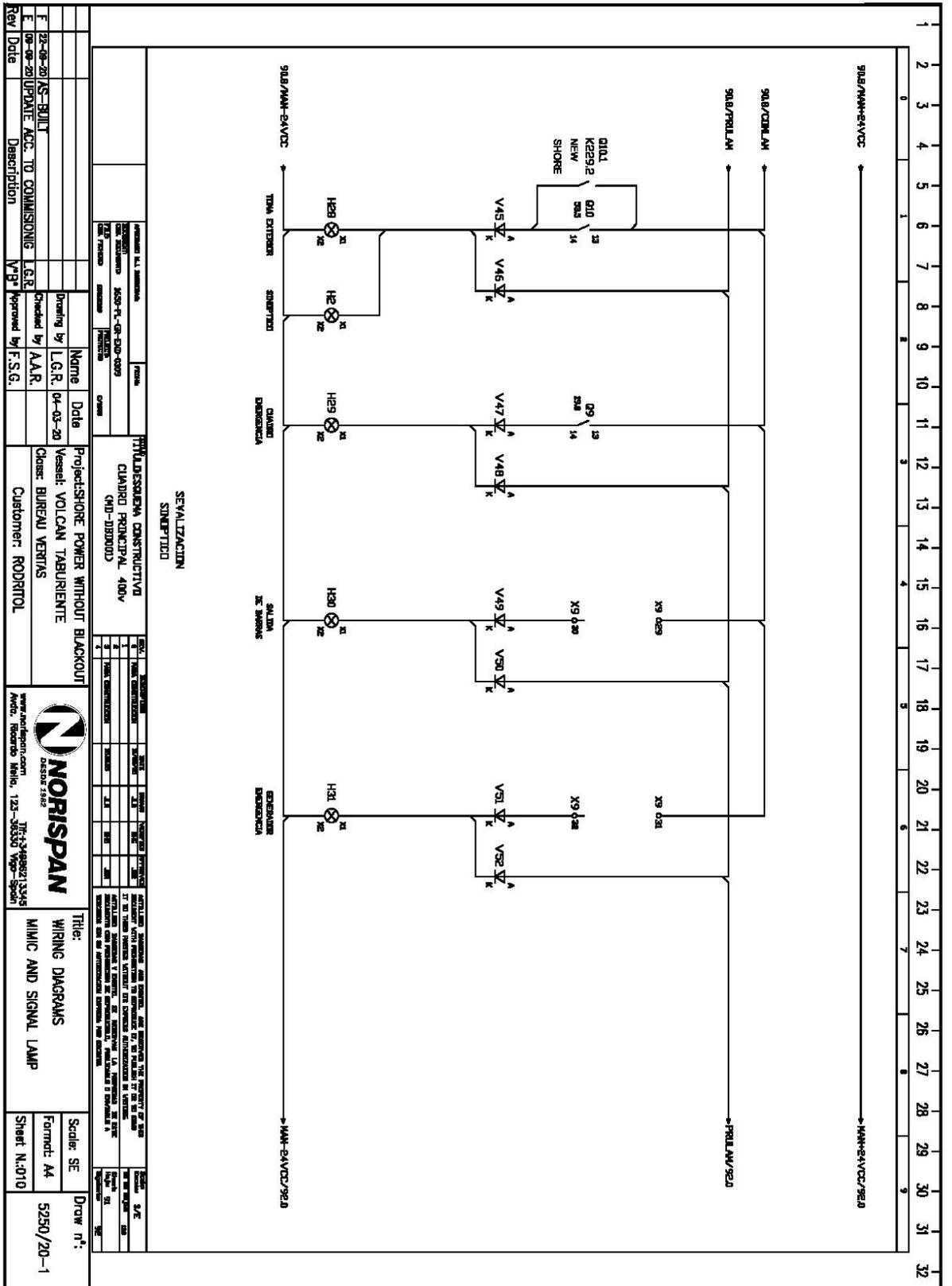
(*) SEE SHEET 006. (*) ALREADY INSTALLED
 (1) EMERGENCY CLOSE
 THIS SHEET IS A PROPOSAL. Q10 INSTALLATION IS NOT NORSPAN SUPPLY!!

<p>NORISPAN 20088 5308 www.norispans.com Avda. Ricardo Miró, 123-36350 Noya - Spain</p>	Title: WIRING DIAGRAMS PROPOSAL/EXAMPLE Q10.1 CONTROL	Scale: SE Format: A4 Sheet: N:008	Draw n°: 5250/20-1
---	--	---	-----------------------

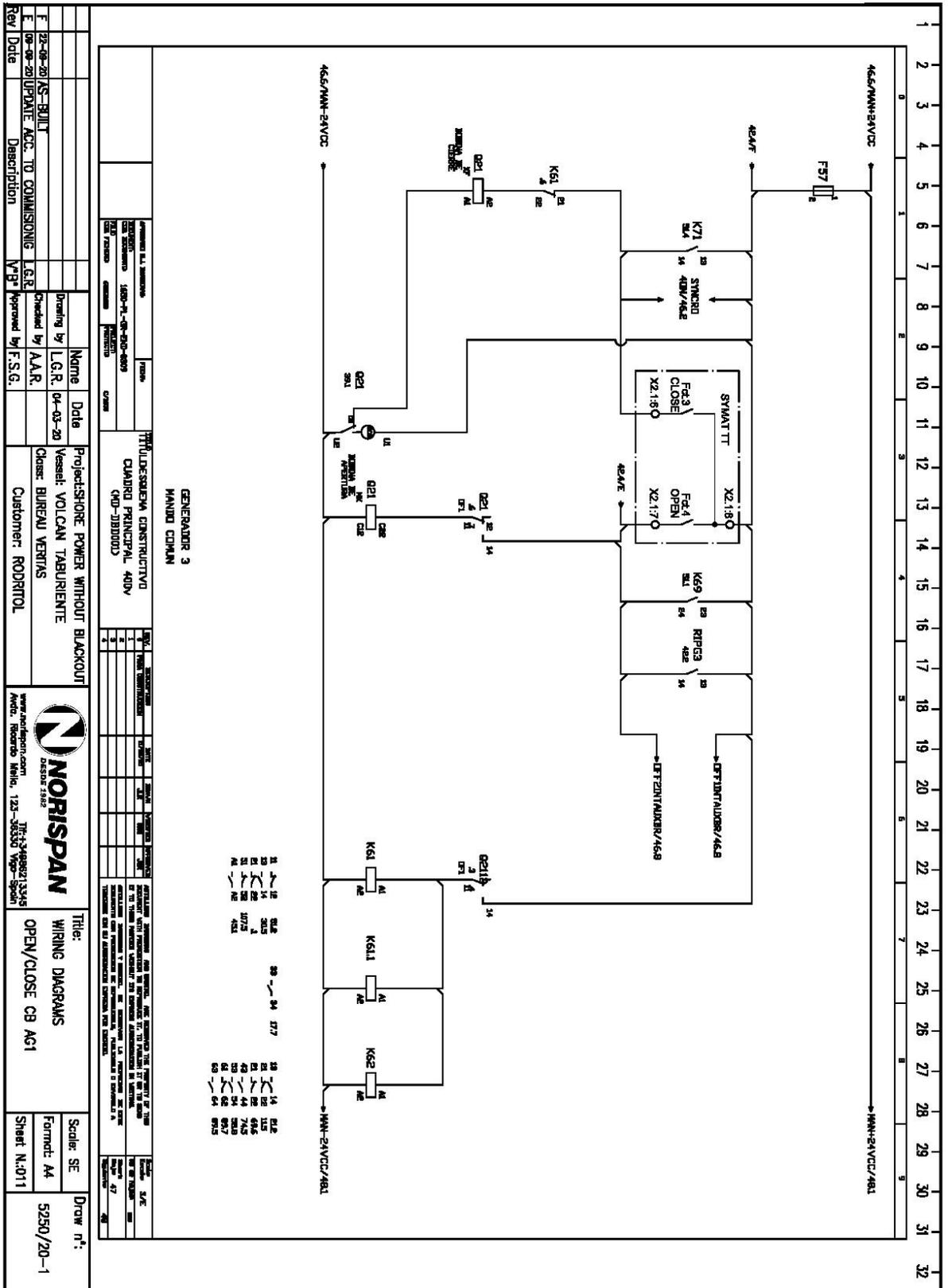
Plano 6. Fuente: Rodritol



Plano 7. Fuente: Rodritol



Plano 8. Fuente: Rodritol



Plano 9. Fuente: Rodritol

7. Conclusiones

Con este estudio he desarrollado un estudio económico sencillo ya que el objetivo de la empresa con la conexión a tierra es no molestar a la gente que vive en Santa Cruz de la Palma y evitar un gasto innecesario de combustible.

Para esto debemos tener en cuenta varios factores:

- Consumo por hora de cada auxiliar
- Coste del litro de combustible (F.O)
- Coste del Kw/H

Cuando estamos en fondeo solo tenemos un auxiliar generando electricidad. En navegación, debido a que el trayecto es corto no hacemos el cambio de planta a los generadores de cola por lo que tenemos durante toda la navegación los dos auxiliares arrancados, haciendo un extra de consumo. Por último, a la llegada a La Palma si conectamos el buque a la energía que nos suministra la isla, parando los auxiliares y teniendo el barco alimentado al 100% por la corriente suministrada por la isla.

Teniendo en cuenta que:

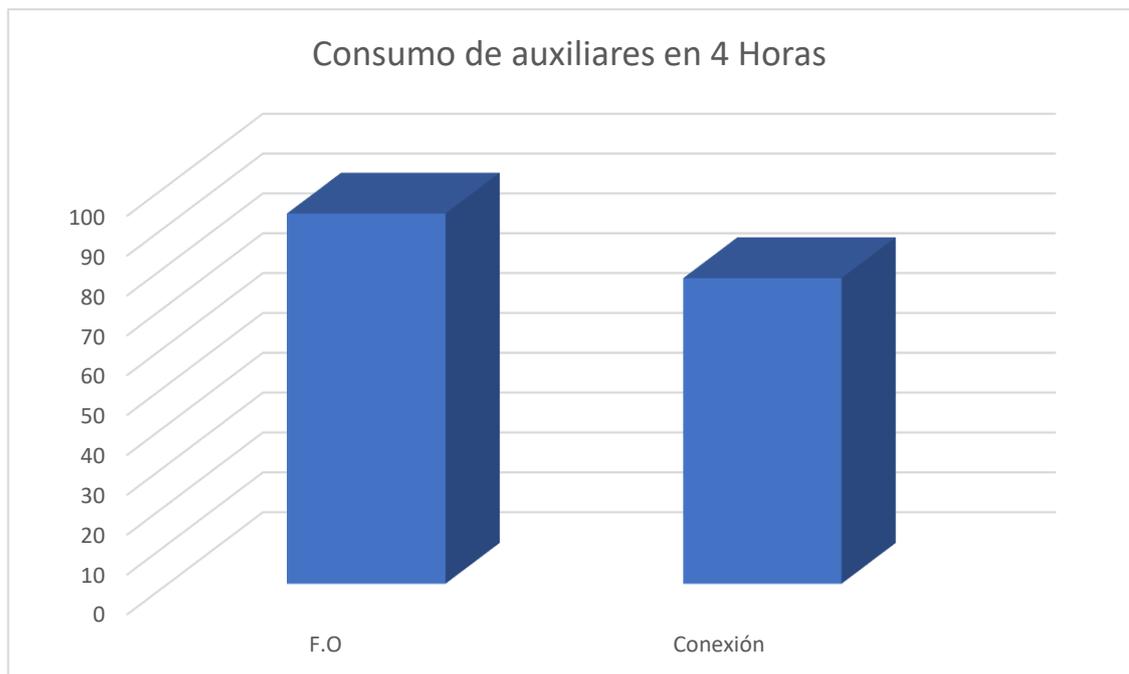
- El litro de F.O es de unos 800 euros/Ton
- Estamos conectados 4 horas a tierra
- Sabiendo que la densidad del F.O es de 0,9674
- El consumo por horas de un auxiliar es de unos 120 L/Hora (con una carga de 500 Kw/h)
- El costo de la electricidad es de unos 0,15 cent Kw/h
- La carga media del buque es de unos 511 KW

Calculamos que

- El auxiliar consume una media de 0,116088 ton/Hora.
 - El auxiliar gasta unos 92,87 euros/Hora estando a Fuel, unos 371,48 euros en esas 4 horas.
-

- El auxiliar gasta unos 76,65 euros/Hora estando conectados a tierra unos 306,6 euros en esas 4 horas.

En estos cálculos no damos por hecho el costo de los operarios de tierra para la operación de conexión ni tampoco el costo de mantenimiento que tendría el auxiliar por hora de funcionamiento, solamente nos basamos en el costo de consumo. También estos datos están expresados de manera genérica ya que tampoco estamos conectado a tierra siempre el mismo tiempo ni tenemos siempre la misma carga.



Con estos datos podemos llegar a la conclusión de que los gastos de tener el barco conectado a tierra son menores, ya que este ahorra en combustible y en horas de mantenimiento de los auxiliares, además de que no hay contaminación de gases ni acústica durante estas horas de la madrugada en Santa Cruz de La Palma, dando así un mayor bienestar a los pueblerinos.

Cabe destacar que el combustible es F.O y en caso de que fuera Diesel marino, estos ahorros serían mayores,

8. Anexos

8.1. Tablas

Tabla 1: Tipos y características de los SYMAP. Fuente: Catalogo SYMAP

Tabla 2: Listado de alarmas. Fuente: Autor

8.2.- Fotografías

Fotografía 1: Conexiones de los cables. Fuente: Autor

Fotografía 2: Conexiones internas del cuadro: Fuente: Autor

Fotografía 3: Conexión interna del cable. Fuente: Autor

Fotografía 4: Cuadro de conexión y desconexión a tierra. Fuente: Autor

Fotografía 5: Pantalla de SYMAP. Fuente: SYMAP

Fotografía 6: Pantalla de SYMAP. Fuente: Autor

Fotografía 7: Pantalla de SYMAP. Fuente: Autor

Fotografía 8: Pantalla de SYMAP. Fuente: Autor

Fotografía 9: Pantalla Noris desconectado. Fuente: Autor

Fotografía 10: Pantalla Noris. Fuente:Autor

Fotografía 11: Pantalla Noris conectado. Fuente:Autor

Fotografía 12: Pantalla de prealarma de alta carga. Fuente Autor

Fotografía 13: Selector de sincronismo Fuente: Manual

Fotografía 14: Pantalla de SYMAP. Fuente: Autor

Fotografía 15: Selector conexión a tierra. Fuente: Manual

Fotografía 16: Selector conexión a tierra. Fuente: Manual

Fotografía 17: Pantalla de SYMAP. Fuente: Autor

Fotografía 18: Mando de operaciones del SYMAP. Fuente: Autor

Fotografía 18: Conexión de emergencia del SYMAP. Fuente: Manual

8.3.- Planos

Plano 1: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 2: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 3: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 4: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 5: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 6: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 7: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 8: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 9: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 10: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

Plano 11: Manual NORISPAN. Fuente: Rodritol

9. Bibliografía

ANAVE. (2020). *Cuarto estudio de la OMI sobre emisiones de GEI del transporte marítimo*.

Boletín informativo. Recuperado el julio de 2022, de

https://www.anave.es/images/tribuna_profesional/2020/tribuna_bia0920.pdf

Puertos del Estado. (2013). *Guía de Gestión Energética en Puertos*. Ministerio de Fomento.

Recuperado el julio de 2022

https://www.puertos.es/es-es/Documents/guia_gestion_energetica_puertos_firmada.pdf

ANAVE. (2021/2022). *Marina mercante y transporte marítimo*. Madrid. Recuperado el julio de 2022.

https://www.anave.es/images/informes/marina_mercante/2022/MMTM2022_ESP_webOK.pdf

OMI. (2020). *Contaminación atmosférica, eficiencia energética y emisiones de gases de efecto invernadero*. Recuperado el julio de 2022, de

<https://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Paginas/AirPollution-Default.aspx>

OMI. (2020). *Gases de efecto invernadero*. Recuperado el julio de 2022.

<https://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Paginas/GHG-Emissions.aspx>

OMI. (2002). *Convenio MARPOL 73/78: artículos, protocolos, anexos e interpretaciones unificadas del convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el protocolo de 1978*. Londres. Recuperado el julio de 2022 [https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

OMI. (2011). Resolución MEPC.203(62). Enmiendas al anexo del protocolo de 1997 que enmienda el convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el protocolo de 1978. Recuperado el julio de 2022 <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-8753>

Norispan (1982). Control de planta eléctrica. 2020. Vigo, España <https://norispan.com/portfolio-item/control-de-planta-electrica-pms/>

Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado

El alumno **Sergio Déniz Expósito** autor del trabajo final de Grado titulado “**Operativa de conexión a tierra el buque**”, y tutorizado por el/los profesor/es **Nombre y apellidos del tutor/es**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFG), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Tecnologías marinas y de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutor/es del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.

Nota: Este documento será obligatorio presentarlo como última hoja del documento final del TFG.
