

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Instalación eléctrica en un buque transportador de combustible

María Eugenia Bello Moreno ⁽¹⁾, Síxifo Daniel Falcones Zambrano ⁽²⁾

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
mbello@espol.edu.ec ⁽¹⁾, sixifo@espol.edu.ec ⁽²⁾

Resumen

El presente informe contempla la instalación del sistema de distribución eléctrica en un buque de acero de 40 m de eslora transportador de combustible, B/T "TAURUS", bajo normas de la clasificadora American Bureau of Shipping (ABS). El tanquero fue construido por Astilleros Navales Ecuatorianos (ASTINAVE) para la Superintendencia de Balao (SUINBA). Para cumplir con lo estipulado por la sociedad clasificadora (ABS), se procedió a la calificación de recursos materiales y humanos, planificación de la instalación eléctrica, inspecciones diarias de construcción y periódicas con los representantes de la clasificadora. La prueba preliminar de entrega se la realizó en navegación hacia Posorja y la final hacia Esmeraldas, con representantes de ASTINAVE, ABS y SUINBA. El tanquero fue aceptado y puesto en servicio bajo la administración de la Superintendencia de Balao, cumpliéndose con las expectativas del armador (SUINBA).

Palabras Claves: *Distribución, buque, combustible, sociedad clasificadora*

Abstract

The present report includes the installation of the electrical distribution system in a ship steel conveyor length 40 m bunker, B/T "TAURUS" under standards of the American Bureau of Shipping (ABS), in order to obtain classification. The tanker was built by Ecuadorian Naval Shipyards (ASTINAVE) for the Superintendency of Balao (SUINBA). To comply with the stipulations of the sorter (ABS), we proceeded to the characterization of materials and human resources, planning the electrical installation, daily and periodic building inspections with representatives of the classification society. The preliminary test delivery was made in navigation to Posorja and the final to Esmeraldas, with representatives of ASTINAVE, ABS and SUINBA. The tanker was received and commissioned under the administration of the Superintendency of Balao, fulfilling the expectations of the owner (SUINBA).

Keywords: *Distribution, ship, fuel, classification society*

1. Introducción

Con la decisión de construir un buque transportador de combustible, clasificado; ASTINAVE requirió de la participación de ingenieros navales, mecánicos, eléctricos, entre otros; por consiguiente se dio inicio al proyecto eléctrico con su diseño y posterior construcción bajo las reglas de la clasificadora American Bureau of Shipping [1].

El objetivo principal fue el de realizar la instalación eléctrica basada en un diseño aprobado por la clasificadora American Bureau of Shipping (ABS) respetando normas de construcción y pasando por los procesos de inspección, pruebas preliminares y pruebas finales.

El otro objetivo, no menos importante, fue el de entregar el buque a satisfacción del armador SUINBA,

lo cual se llevó a cabo cumpliendo con las pruebas de muelle y mar.

La fase de diseño pasó un proceso de revisiones por parte de la clasificadora y correcciones por parte de ASTINAVE para, que una vez aprobados todos los planos, dar inicio a la construcción que se la ejecutó respetando diseños, normas, realizando pruebas preliminares y finales con el fin de cumplir con las expectativas del producto.

Como en toda construcción, el paso previo fue la elaboración de listado de materiales, casi todo de importación, luego la planificación de los recursos humanos tiempos de recepción de material y de inicio de la obra así como la planificación del proceso de construcción. Una vez cumplido lo indicado se inició la construcción en coordinación con el avance de la obra naval.

En todo el proceso indicado en el párrafo anterior estuvo presente el representante de la clasificadora realizando en conjunto la inspección de materiales y equipos, que debían respetar características y certificación de haber pasado por pruebas preliminares en los lugares de fabricación. En resumen la clasificadora aprobó tiempos de construcción, materiales, procedimientos de instalación, etc.

En la Construcción Eléctrica del Buque Taurus, Figura 1, se utilizó mano de obra ecuatoriana, fue el primer buque tanquero de 40 m construido en el Ecuador, clasificado, y que ha llevado a cabo su trabajo de transportador de bunker durante 25 años y fue un desafío a todo nivel.



Figura 1. Buque tanquero transportador de combustible B/T Taurus

Cabe indicar que este informe sólo incluye la distribución eléctrica mayor pero es necesario conocer que se instalaron también circuitos internos de comunicación, alarmas humo/fuego, equipos electrónicos tales como radar, ecosonda, girocompás, controles del sistema de propulsión, radio UHF y HF, siguiendo las indicaciones de manuales de fabricantes y con las calibraciones realizadas por personal especializado de la Armada del Ecuador. Además los

planos no están disponibles en digital, por obvias razones, por consiguiente he reproducido en digital el diagrama unifilar de distribución de los tableros y paneles, plantillas de características de materiales, y datos de pruebas de cortocircuito.

2. Instalación Eléctrica

Contempla la instalación y prueba de fuentes de generación principal y emergencia, tableros de distribución, cableado, equipos de navegación, sistema de propulsión y gobierno, motores eléctricos, comunicación interior.

La normativa tuvo exigencias específicas las cuales fueron tomadas en consideración en el momento de escoger e instalar cada una de las partes del sistema eléctrico.

Las pruebas fueron llevadas a cabo en presencia del Inspector asignado por la clasificadora American Bureau of Shipping.

2.1 Requerimientos de Energía, Distribución y Transporte Eléctricos

El buque tanquero TAURUS fue diseñado para que cumpla con el trabajo de transportador de combustible, con capacidad de 1000 toneladas. El sistema eléctrico se construyó para satisfacer las necesidades y su buen funcionamiento. La plantilla de circuitos de alimentadores principales, Anexo No. 2, indica cada uno de los equipos que demandaron de servicio eléctrico y las fuentes de alimentación de los mismos.

2.1.1 Instalación Generadores y Motores

En sala de máquinas se instalaron 3 generadores marca General Motor-Detroit Diesel de 90 Kw, 60Hz, 110/220/440 V, Motor a diésel 1800 rpm, governor hidráulico, enfriados por intercambiador de calor, con bomba de circulación de agua salada, sistema de alarma tipo marino. Dos de ellos con tomas de fuerza con el fin de acoplarlos a las bombas de carga y descarga de combustible. La Figura 2, incluye uno de los generadores principales con el diagrama de protección, medición y control.

En la cubierta del magistral, se instaló el generador de emergencia marca ONAN, modelo 15 RDJC de 15 kw, 120/240 Vac, trifásico, 60 hz, 1800 rpm, enfriamiento por radiador, protección metálica prueba de goteo.

Tanto los generadores principales como los de emergencia cumplieron con los aislamientos normados

según la regla 35.35 de [1], Regímenes de temperatura. El aislamiento del estator clase F y la del rotor clase H, para su utilización a 95°C y 115 °C respectivamente. Protección mecánica tipo a prueba de goteo.

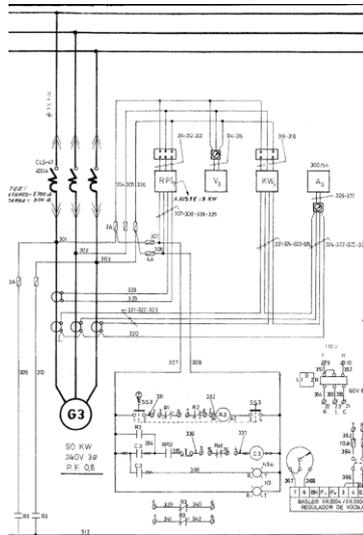


Figura 2. Diagrama de protección, medición y control de un generador tipo

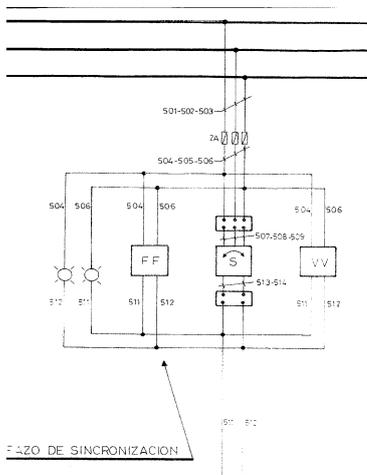


Figura 3. Diagrama de conexión del brazo de sincronización

Los generadores principales se proyectaron para entrar en paralelo, si la demanda aumentara. El diagrama eléctrico del brazo de sincronización se presenta en la Figura 3, y la toma de poder de tierra en la Figura No. 4

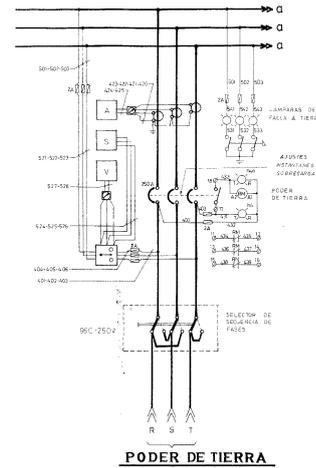


Figura 4. Diagrama de conexión de poder de tierra

Las características de los motores instalados se presentan en la Tabla 1, las de los generadores y transformadores en la Tabla 2. Se detallan utilización, tipo de generador o motor, aislamiento, cantidad, tipo de protección mecánica.

Tabla 1. Características de motores

ESPECIFICACIONES							
MOTORES							
Cant	Equipo	Posic	Aislamiento	HP	Veloc RPM	Enclosure	Temp amb
2	Achique de sentina	horizontal	B	3	3550	Prueba de goteo	50°C
2	Contra incendio	horizontal	B	15	3550	Prueba de goteo	50°C
2	Agotamiento	horizontal	B	10	1750	Prueba de explosión	50°C
1	Transferencia de combustible	horizontal	B	3	1770	Prueba de goteo	50°C
1	Transferencia de aceite	horizontal	B	2	1750	Prueba de goteo	50°C
1	Bomba agua dulce	horizontal	B	0,5	1725	Prueba de goteo	50°C
1	Bomba agua salada	horizontal	B	0,5	1725	Prueba de goteo	50°C
2	Compresor de aire	horizontal	B	3		Prueba de goteo	40°C
2	Compresor Cámara Frigorífica	horizontal	B	2		Prueba de goteo	50°C
1	Motor Cabrestante	horizontal	B	25		Prueba de agua	40°C
2	Bomba Sistema de Gobierno	horizontal	B	10	1725	Prueba de goteo	40°C
2	Ventilador Sala de máquinas	vertical	B	5	1750	Prueba de agua	40°C
1	Ventilador Sala de Bombas	vertical	B	2	3450	Prueba de explosión	40°C
1	Extractor Sala de Bombas	vertical	F	2	3450	Prueba de explosión	40°C
1	Extractor Cocina	vertical	F	1	3450	Prueba de agua	40°C
1	Ventilador Alojamiento	horizontal	B	1	1750	Prueba de goteo	40°C
1	Bomba auxiliar de enfriamiento	horizontal	B	1,5		Prueba de goteo	50°C
1	Ventilador Cocina	vertical	B	0,5	3450	Prueba de agua	40°C

Tabla2. Característica de generadores y transformadores

GENERADORES		
CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAL	EMERGENCIA
Cantidad	3	1
Potencia	112.5 KVA	18.8 KVA
fp	0,8	0,8
Voltaje	240/120 Vac	240/120 Vac
Fases	3	3
RPM	1800	1800
Frecuencia	60 HZ	60 HZ
Clase aislamiento	ESTATOR: F ROTOR: H	ESTATOR: F ROTOR: H
Enclosure	DRIP-PROOF	DRIP-PROOF
Maquina motriz	GENERAL MOTOR, 4-71N Diesel	Onan-15RDJC- GENSET-DIESEL
TRANSFORMADORES		
CARACTERÍSTICAS	Trifásico (en TDE)	Banco
Potencia	5 KVA	15 KVA
Voltaje	240/120 Vac	240/120 Vac
Conexión	Δ-Δ	Δ-Δ
Clase aislamiento	F	F
Tipo	SECO	SECO
Enclosure	DRIP-PROOF	DRIP-PROOF

2.1.2 Cableado eléctrico

Los conductores utilizados, cumplieron con la especificación solicitada por la clasificadora, aceptados por la USCG, ABS y Lloyd's Register of Shipping. Diseñados para uso marino, barcos comerciales, remolcadores, muelles, plataformas. Con aplicación a sistemas de potencia, control y comunicación; pudiendo ser instalados en canaletas, bandejas, canales, conductos; probados como tipo retardador de llama cumpliendo con las normas IEEE-383 y 1202 de la IEEE-Standard; con protección exterior a través de armadura flexible de aluminio. Trenzados de cobre recocido, aislamiento termoplástico, conductores cableados con relleno no higroscópico, chaqueta termoplástica, con armadura exterior de aluminio.

Las características de los conductores fueron escogidas respetando las normas de la clasificadora Regla 35.131 y 35.132 de [1]: Fabricación de cables, por consiguiente se tomó en consideración que el buque era de acero, que serviría como transportador de combustible y obviamente trabajo en ambiente húmedo y salino, razones por las cuales los conductores fueron escogidos con el aislamiento y cubierta resistentes a la humedad, de tipo retardador de la llama (garantizado por la casa productora a través de un certificado de que los conductores pasan la prueba de inflamabilidad); adicionalmente los conductores tuvieron protección mecánica, chaqueta de aluminio trenzado, debido al tipo de instalación de trabajo pesado.

Los cables de potencia (Generador-Tablero Principal) fueron de un solo conductor por cable, los de distribución desde tablero Principal y otros fueron de tipo múltiple.

Instalados sin empalmes y sellados en sus terminales contra la entrada de humedad o aire; soportados por rejillas metálicas, grapas, abrazaderas y en el caso de los circuitos de proa, en vista de que cruzan los tanques de combustible, a través de tubería rígida. En todos los casos se respetó los radios de curvatura normalizados considerando que poseían armadura de aluminio.

El paso de cubiertas y mamparos se lo realizó utilizando pasa mamparos soldados; cuidando la estanqueidad, paso de humo o llama; en áreas que así lo requirieron. En el caso de mamparos no estancos se realizaron agujeros con bordes redondeados y superficie de apoyo. En el caso de cruce de baos o estructuras similares se tuvo la precaución de eliminar rebabas.

En áreas con recubrimiento; los conductores se instalaron entre el material de aislamiento de la estructura y el recubrimiento de acabado.

En áreas de tanques de combustible los alimentadores fueron instalados dentro de tubo metálico cédula 80, sobre la cubierta principal respetando las normas aplicadas para lugares con peligro de explosión.

El número de alimentadores de distribución principal, dimensiones, caídas de tensión, tipo de servicio, protección, etc. se incluye en la Tabla 3.

Tabla 3. Planilla de alimentadores de distribución principal

ANEXO No. 2													
PLANILLA DE CIRCUITOS DE ALIMENTADORES PRINCIPALES													
ALIMENTADOR	Sub-Panel	Servicio	Ubicación	Voltaje (V)	HP	FA	Intensidad (A)	Intensidad (A)	Longitud (ft)	Área (cm ² m ²)	Tubo de cobre	Porcentaje de caída de tensión	
							Heim	Max				Alim. Tab. Alim. Total	
G-1	Gen Diesel #1	Sala Maq-ES	240-3a	90kw	0.6	270	337	3p-400A	28	250000	SHA-250	0.434	0.434
G-2	Gen Diesel #2	Sala Maq-ES	240-3a	90kw	0.6	270	337	3p-400A	48	250000	SHA-250	0.798	0.798
G-3	Gen Diesel #3	Sala Maq-ES	240-3a	90kw	0.6	270	337	3p-400A	60	250000	SHA-250	0.992	0.992
SG	Proced. Trans. Gen-emerg	Caja-EMERG	240-3a	75kw	0.6	230	293	3p-500A	88	165000	SHA-165	1.622	1.622
G-4	Gen-emerg	Cub-Dep	240-3a	50kw	0.6	45	57	3p-50A	21	165000	SHA-165	0.637	0.637
P1	Bomba incendio #1	Sala Maq-ES	230-3a	15	0.6	42	52.5	3p-90	72	263000	THA-26	1.3	1.3
P2	Bomba incendio #2	Sala Maq-ES	230-3a	15	0.6	42	52.5	3p-90	91	263000	THA-26	1.64	1.64
P3	Bomba de agua #1	Sala Maq-ES	230-3a	3	0.6	9.6	12	3p-20	44	4110	THA-4	1.16	1.16
P4	Bomba de agua #2	Sala Maq-ES	230-3a	3	0.6	9.6	12	3p-20	55	4110	THA-4	1.45	1.45
P5	Bomba de agua #3	Sala de Bombas	230-3a	10		28	35	3p-70A	60	165000	THA-16	1.72	1.72
P6	Bomba de agua #4	Sala de Bombas	230-3a	10		28	35	3p-70A	60	165000	THA-16	1.72	1.72
P7	Bomba de agua #5	Sala Maq-ES	230-3a	3		9.6	12	3p-20	88	4110	THA-4	2.32	2.32
P8	Bomba de agua #6	Sala Maq-ES	230-3a	2		6.6	8.5	3p-20	47	4110	THA-4	0.88	0.88
P9	Bomba auxiliar de agua #1	Sala Maq-ES	230-3a	1.5		5.2	6.5	3p-15	84	4110	THA-4	1.2	1.2
P10	Bomba auxiliar de agua #2	Cubierta Principal Proa	230-3a	10		28	35	3p-50A	110	165000	THA-16	2.1	2.1
P11	Accionamiento de aire #1	Cubierta Superior	230-3a			23	29.12	3p-50A	123	165000	THA-16	1.95	1.95
P12	Accionamiento de aire #2	Cubierta Superior	230-3a			23	29.12	3p-50A	104	165000	THA-16	1.65	1.65
P13	Motor Comensador de aire #1	Sala Maq-ES	230-3a	3		9.6	12	3p-20	70	4110	THA-4	1.84	1.84
P14	Motor Comensador de aire #2	Sala Maq-ES	230-3a	3		9.6	12	3p-20	84	4110	THA-4	2.21	2.21
P16	Fuente de potencia	Cubierta Principal ES	230-3a				99.3	3p-100A	48	837000	THA-83	0.55	0.55
1P16	Panel de potencia eléctrica 15		230-3a	15kw		37.6	47	3p-50A	35	263000	THA-26	0.43	0.98
3P16	Convertidor de agua a 200V		230-3a	4.5kw		20	24.45	2p-25	35	6030	CHA-6	1.75	2.3
3P16	Convertidor de agua a 200V		230-3a	4.5kw		20	24.45	2p-25	45	6030	CHA-6	1.75	2.3
4P16	Cámara frigorífica #1		230-3a	2		6.8	8.5	3p-15	38	4110	THA-4	0.71	1.26
5P16	Cámara frigorífica #1		230-3a	2		6.8	8.5	3p-15	38	4110	THA-4	0.71	1.26
6P16	Reserva		230-3a			10	12.5	3p-15					
7P16	Reserva		230-3a			10	12.5	3p-15					
P17	Panel de Ventilador #1	Cubierta Principal ES	230-3a				69.4	3p-90A	55	41700	THA-41	0.82	0.82
1P17	Ventilador #1		230-3a	5		15	18.75	3p-30A	63	6030	THA-6	1.63	2.45
2P17	Ventilador #2		230-3a	5		15	18.75	3p-30A	63	6030	THA-6	1.63	2.45
3P17	Ventilador #3		230-3a	2		6.8	8.5	3p-15	74	4110	THA-4	1.36	2.2
4P17	Extractor de Bombas	Sala de Bombas	230-3a	2		5.2	6.5	3p-15	61	4110	THA-4	1.16	1.98
5P17	Extractor de Bombas	Sala de Bombas	230-3a	1		3.6	4.5	3p-15	63	4110	THA-4	0.62	1.44
6P17	Extractor de Bombas	Sala de Bombas	230-3a	1		3.6	4.5	3p-15	68	4110	THA-4	1.53	2.35
7P17	Ventilador de cocina		230-3a	0.5		3.6	4.5	3p-15	63	4110	THA-4	0.62	1.44
P18	Motor Bomba agua #1	Sala de máquinas ES	230-3a	0.5		9.8	12.25	2p-20A	58	6030	CHA-6	2.26	2.26
P19	Motor Bomba agua #2	Sala de máquinas ES	230-3a	0.5		9.8	12.25	2p-20A	64	6030	CHA-6	2.11	2.11
P20	Motor Cabrestante	Cubierta Principal Proa	230-3a	25		61.5	77	3p-125A	178	41700	THA-41	2.96	2.96
P21	Bomba TDE	Cubierta Superior	230-3a			36.8	46	3p-90A	114	263000	THA-26	1.72	1.72
1P21	Bomba Principal del Sistema de Coque	Cubierta Principal Proa	230-3a	10		28	35	3p-50A	60	165000	THA-16	0.95	2.67

2.1.3 Tableros de distribución

Los tableros de Distribución Principal y de Emergencia, Ventilación, Control del Sistema de Gobierno fueron construidos localmente, diagramas y especificaciones fueron aprobadas por la clasificadora. La constructora de los mismos fue ECELCO con la supervisión inicial de ASTINAVE y final de ABS a través de su Inspector.

Los tableros fueron construidos en plancha tipo naval de 1/8", pintados y secados en horno. El Tablero de Distribución Principal TP, ubicado en cubierta de fondo, en sala de máquina, incluye todos los accesorios de control y protección vistos por el frente y accesibles para conexiones, reparaciones, mantenimiento por la parte trasera, auto soportado, anclado a bases a través de amortiguadores de caucho, implementado con barras de cobre de 2" x 1/4" (840 A) con separación de 80 mm, lámparas indicadoras de falla a tierra, brazo de sincronización (para el paralelismo de los generadores principales), selector de secuencia de fases, luces indicadores de poder de tierra, iluminación exterior del tablero, interiormente resistencias calentadoras; área de distribución eléctrica que incluye las protecciones y mando remoto de motores, banco de transformadores 240/120V, Construido de acuerdo a las normas correspondientes, Regla 35.75 [1]

Tomando en consideración la regla 35.77 [1], Cuadro de distribución de emergencia y comunicaciones, el tablero del generador de emergencia TDE se construyó de tipo frente muerto, con señalización frontal, de transferencia manual con la distribución correspondiente según Figura 5, fue instalado en la parte posterior de la cubierta magistral Eb.

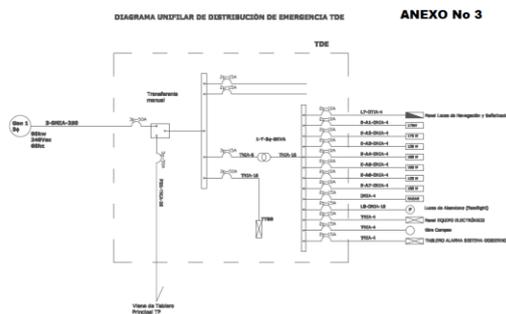


Figura 5. Diagrama de distribución de Tablero de Emergencia

El Tablero de Control del Sistema de Gobierno ubicado en la popa del buque, cubierta de fondo. Construido con las características mecánicas de los tableros descritos anteriormente, Diagrama de transferencia y control detallado en Figura 5.

Para la distribución del sistema de ventilación y cocina, se construyeron e instalaron los Fuerza #5 y #6, cuyos diagramas se presentan en la Figura 7.

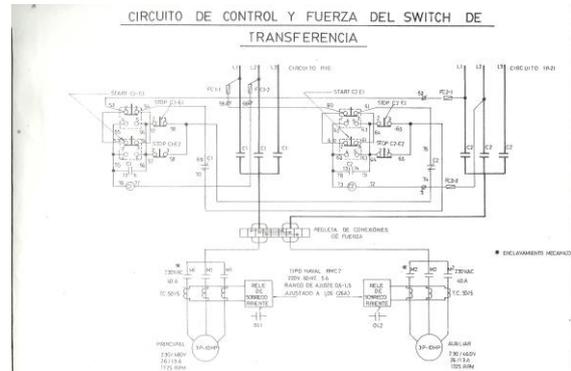


Figura 5. Diagrama de control y transferencia del sistema de gobierno

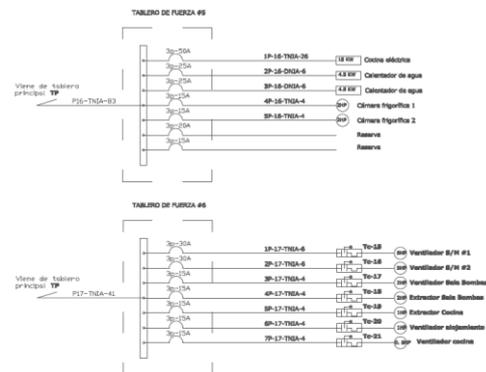


Figura 7. Diagramas unifilares de Tableros de Fuerza #5 y #6

Los tableros y paneles cumplieron con la norma de construcción; Reglas 35.65 y 35.67 [1], Construcción de cuadros de distribución y barras colectores; pasaron a las pruebas de muelle y mar, es decir se hizo la inspección de estanqueidad en todos y la certificación de los paneles a prueba de explosión que fueron instalados en los mamparos colindantes con áreas inflamables. Las pruebas preliminares, las de muelle y mar; de acuerdo a la Regla 35.161, Pruebas de Muelle y mar [1]; evidenciaron el correcto funcionamiento de los mismos.

2.1.4 Paneles de Distribución

Se utilizaron paneles alimentados desde las barras de 120 VAC del Tablero Principal las mismas que se energizan a través del banco de transformadores de 15 Kva, a prueba de goteo, construidos en plancha galvanizada, pintada y secada al horno, 115V, trifásicos. Tipo sobrepuestos; los que se instalaron

sobre los mamparos sin recubrimiento y para empotrar en áreas habitables. En mamparos colindantes con sala de bombas y bodega de proa se instalaron paneles de tipo sobrepuesto, a prueba de explosión, Regla 35.141 [1] Emplazamientos peligrosos.

Las Planillas de distribución de energía de los paneles de alumbrado y tomacorrientes denominada Circuitos Derivados se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Planilla de Circuitos Derivados

PLANILLA DE CIRCUITOS DERIVADOS ALUMBRADO-TOMACORRIENTES						
Panel	Circuito	Potencia W	Voltaje	Breaker	Conductor	Fases
36-Sala de máquinas	L1-A1	120	120Vac-trifásico	2p-10A	DNIA-4	AB
	L1-A2	120		2p-10A	DNIA-4	BC
	L1-A3	1200		2p-15A	DNIA-6	CA
	L1-A4	80		2p-10A	DNIA-4	AB
				2p-10A	DNIA-4	BC
			2p-10A	DNIA-4	CA	
38-39 Cubierta principal Eb - Pañol de proa	L2-A1	40	120Vac-trifásico	2p-10A	DNIA-4	AB
	L2-A2	800		2p-10A	DNIA-10	BC
	L2-A3	620		3p-10A	TNIA-4	ABC
	L2-A4	100		2p-10A	DNIA-4	CA
	L2-A5	100		2p-10A	DNIA-4	AB
	L2-A6	100		2p-10A	DNIA-4	BC
43-Magistral	L3-A1	800	120Vac-trifásico	2p-15A	DNIA-4	AB
	L3-A2	160		2p-10A	DNIA-4	BC
	L3-A3	800		2p-15A	DNIA-6	CA
	L3-A4	240		2p-10A	DNIA-4	AB
	L3-A5	Reserva		2p-10A		BC
	L3-A6	Reserva		2p-10A		CA
40-Cubierta Superior	L4-A1	400	120Vac-trifásico	2p-10A	DNIA-4	AB
	L4-A2	245		2p-10A	DNIA-4	BC
	L4-A3	625		2p-10A	DNIA-4	CA
	L4-A4	1000		2p-20A	DNIA-10	AB
	L4-A5	580		2p-10A	DNIA-4	BC
	L4-A6	129		2p-10A	DNIA-4	CA
	L4-A7	625		2p-10A	DNIA-4	AB
	L4-A8	100		2p-10A	DNIA-4	BC
	L4-A9	Reserva		2p-10A		CA
	L5	Reflector-500 W	240vAC	2p-10A	DNIA-6	
37-Cubierta Principal	L6-A1	565	120Vac-trifásico	2p-10A	DNIA-4	BC
	L6-A2	145		2p-10A	DNIA-4	CA
	L6-A3	1000		2p-20A	DNIA-10	AB
	L6-A4	1000		2p-20A	DNIA-10	BC
	L6-A5	585		2p-10A	DNIA-4	CA
	L6-A6	1000		2p-20A	DNIA-10	AB
	L6-A7	465		2p-10A	DNIA-4	BC
	L6-A8	360		2p-10A	DNIA-4	CA
		Reserva		2p-10A		AB

2.1.5 Transformadores

Para alimentar la barra de 120 VAC del tablero principal TP se instalaron 3 transformadores, monofásicos, 5 KVA c/u, tipo seco, 240/120Vac, aislamiento tipo F, protección mecánica a prueba de goteo, conectados en delta-delta, salida trifásica 120 Vac. Fueron ubicados junto al tablero Principal TP. . 1

Para alimentar los circuitos de alumbrado de emergencia, se instaló dentro del tablero de emergencia TDE un transformador trifásico tipo seco 240/120Vac, delta-delta.

Las características de los transformadores, antes indicadas, respetan la norma correspondiente, Regla 35.43 [1]: Transformadores, tanto en el tipo de aislamiento como a la protección mecánica. El aislamiento (tipo F) fue escogido para que los transformadores sean aptos para su uso a 155 °C, y su protección mecánica fue a prueba de goteo similar a una protección mecánica IP22

Cabe mencionar que la sala de máquinas, lugar donde se instalaron los transformadores, contó con

ventilación forzada con el fin de garantizar que la temperatura ambiente no supere los 40 °C.

2.1.6 Luminarias, tomacorrientes, reflectores y accesorios similares

Los accesorios como cajas de conexión, luminarias, apliques, tomacorrientes cumplieron también las normas de la clasificadora.

En caso de las cajas de conexión, apliques, tomacorrientes, interruptores instalados en sala de bombas (junto a tanques de almacenamiento del bunker), bodega de proa, fueron de tipo a prueba de explosión.

Accesorios Estancos

Se instalaron apliques, luminarias, tomacorrientes, enchufes estancos y a prueba de corrosión en sala de máquinas y en las áreas expuestas a la intemperie; corredores de cubiertas. Todos de bronce fundido. De acuerdo a lo solicitado por la norma de clasificación, Regla 35.141 [1]: Apliques estancos fijos.

Accesorios a prueba de explosión

Se instalaron apliques de iluminación, tomacorrientes, interruptores y cajas de conexiones a prueba de explosión, de hierro fundido; en sala de bombas y bodega de proa, de acuerdo a lo determinado por la Regla 35.149 [1]: Emplazamientos peligrosos

Luces de navegación

La señalización de la embarcación también cumplió con lo establecido por la clasificadora, todas las luminaria certificadas por Underwriters Laboratories, Inc.; Under U.L. Standard 1104 y clasificadas por la U.S. Coast Guard, para ser utilizadas por barcos de más de 20 m de eslora.

Todas las luces de navegación se alimentan de un panel de distribución conectado al sistema de emergencia, el panel incluyó señal sonora, de buque sin gobierno.

Las luminarias fueron del tipo construidas en policarbonato, resistente a golpes y agua de mar, totalmente estancas. Todas dobles, a excepción de las de carga y descarga, bulbo de tungsteno 40W, 110 V

Cada luminaria fue instalada para que cumplan con las normas de navegación para evitar abordajes aprobadas por la Armada del Ecuador [3].

Las características de las luminarias, circuitos de alimentación, panel de control cumplieron con lo solicitado con las normas ABS, Regla 35.109 [1]: Sistema de luces de navegación y con el Convenio sobre Reglamento Internacional para prevenir abordajes [3]

2.2 Diagrama Unifilar de Distribución principal y falla de Corto Circuito

La instalación eléctrica se la llevó a cabo en base al diseño aprobado por la American Bureau of Shipping, de cuyos planos he reproducido en digital el diagrama unifilar principal y de emergencia, así como las planillas de alimentadores y paneles de distribución ya que los formatos presentados son muy grandes y por el tiempo transcurrido no están muy claros. A continuación describo lo que incluye cada anexo (digital).

Las Figuras 8 y 9, muestran los diagramas unifilares de distribución que conformaron el tablero de distribución principal TP con sus respectivos alimentadores 240 Vac y 120 Vac trifásicos, respectivamente.

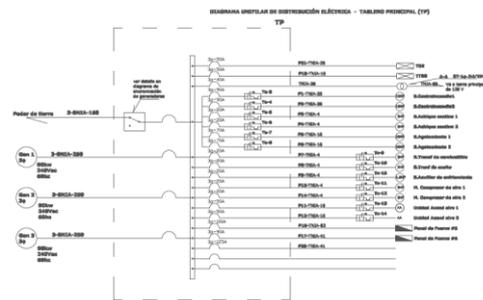


Figura 8. Diagrama Unifilar del Tablero Principal TP

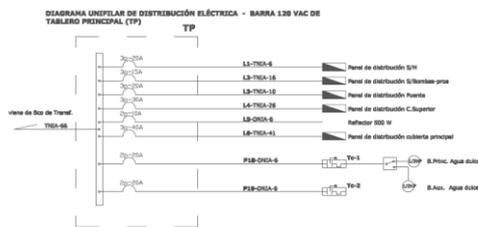


Figura 9. Diagrama Unifilar del Tablero Principal TP- Barras 120 Vac

El diagrama se complementa con los datos de corrientes de cortocircuito trifásico en los puntos calculadas en los puntos indicados en la Tabla 5.

Tabla 5. Corrientes de corto circuito trifásico

DATOS DE CORTO CIRCUITO			
CON GENERADORES PRINCIPALES EN PARALELO			
Ubicación	Tipo de falla	Voltaje	Corriente de CC
Tablero Principal TD	trifásica	240 Vac	8878 A
Tablero de Fuerza #6	trifásica	240 Vac	4130 A
Tablero de Fuerza #5	trifásica	240 Vac	6514 A
Banco 15 kva	trifásica	120 Vac	1545 A
Banco 5 kva	trifásica	120 Vac	508 A
Tablero TDE	trifásica	240 Vac	1875 A
CON GENERADOR DE EMERGENCIA			
Ubicación	Tipo de falla	Voltaje	Corriente de CC
Banco 5 kva	trifásica	120 Vac	508 A
Tablero TDE	trifásica	240 Vac	1879 A

Circuitos derivados

La distribución de los accesorios se realizó de acuerdo a lo indicado en planos cuyos formatos son muy grandes y no se presentan, pero están incluidos en la Tesis.

El cableado de los circuitos derivados, alumbrado y tomacorriente, fue realizado con cable tipo marinos no menor a diámetros de 4100 circular mil y no mayor a 6530 circular mil, respetando además las normas de instalación referente a cruce de mamparos, sujeción de los cables, etc.[1]

3. Resultados

Con el fin de obtener la clasificación la embarcación por pruebas denominadas de muelle y de mar, a continuación se exponen los tipos de prueba y resultados obtenidos de los ítems descritos en el Capítulo 1.

3.1 Pruebas realizadas

En muelle

Las inspecciones y pruebas fueron realizadas periódicamente a medida del avance de la obra. Todos los equipos como generadores, motores, equipos de comunicación y cables llegaron con las certificaciones correspondientes que fueron entregadas formalmente al Inspector.

Accesorios tales como luminarias, apliques, tomacorrientes, luminarias de navegación, paneles, tableros, etc. fueron revisados previamente y luego probados.

El cableado pasó por la prueba reglamentaria, Regla 35.135 [1]: Resistencia de aislamiento de cables nuevos, se probó estanqueidad en los lugares de cruce de mamparos y posteriormente se realizó mediciones de resistencia del aislamiento, aplicando 500 V continuos, a temperatura de funcionamiento. La prueba de rigidez dieléctrica. Regla 35.133 [1]: Prueba de aislamiento de cables terminados, no pudo llevarse a cabo. Se verificó la puesta a tierra de los recubrimientos de cada alimentador.

En los generadores principales se realizó el arranque individual en vacío y luego con carga. Posteriormente se procedió a poner en paralelo dos generadores en las combinaciones posibles. No se pusieron en paralelo los tres. Hubo una falla de sincronización y se tuvo que implementar motores de sincronización en los gobernadores de los motores de cada generador para que logren igualar sus velocidades. Se cumplió con las reglas indicadas en 35.25, 35.27, 35.29, 35.31 [1] correspondientes a Construcción de generadores, aislamiento de

devanados, lubricación, regulación de tensión. El generador de emergencia también fue inspeccionado y probado de acuerdo a la regla 35.40 [1]: Fuentes de energía eléctrica de emergencia.

Previo al funcionamiento de todos los generadores se realizó la inspección de pedestales, alineamiento de ejes, lubricación, etc. Se cumplió además con los regímenes de temperaturas que en el caso de los generadores principales se requirió de ventilación y extracción forzada debido a su ubicación (sala de máquinas).

Pruebas de mar

Las pruebas preliminares en mar fueron en travesía hacia Posorja, básicamente se probó el funcionamiento correcto de los generadores principales y el de emergencia.

Se hizo funcionar cada motor, especialmente los del sistema de gobierno en donde se simuló la falla de uno para poner en servicio el de emergencia.

De acuerdo a la Regla 35.16 [1]: Comunicaciones Interiores, se probaron cada uno de los equipos de comunicación interior; telégrafo de órdenes de máquina, teléfonos de comunicación entre el puente, sala de máquinas y compartimiento del sistema de propulsión. Asimismo la señalización de luces de navegación de acuerdo a lo establecido por el Convenio sobre Reglamento Internacional para prevenir abordajes [3]

La prueba definitiva, 35.161 [1]: Pruebas de mar, se la realizó en la travesía hacia Esmeraldas y al igual que en la prueba hacia Posorja se certificó el buen funcionamiento de la generación eléctrica del buque, de la eficiencia del servicio de emergencia y las pruebas de las demás áreas conllevaron al funcionamiento de todos y cada uno de los componentes que requirieron fluido eléctrico, desde lo que corresponde a la iluminación, refrigeración, ventilación, extracción, bombeo, hasta el uso de sistemas de gobierno y anclaje (cabrestante). Se realizó nuevamente pruebas de funcionamiento de los equipos de comunicación interior y señalización de acuerdo a lo señalado en la regla antes indicada.

4. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se realizó la instalación eléctrica, bajo inspección de ABS, fue aprobada y receptada luego de la prueba de mar; se cumplió con las pruebas solicitada por ABS [1]
- El Buque fue entregado con cierto retraso, no hay evidencia, sin embargo fue entregado y recibido a

satisfacción luego de pasar el proceso de pruebas establecidas en la Reglas ABS [1]. La evidencia de su entrega y funcionamiento productivo se puede certificar por el trabajo realizado bajo la administración de la Superintendencia de Balao y luego por Transnave [2].

- Con la construcción del B/T “Taurus” quedan lineamientos importantes que servirán de guía en instalaciones iguales o similares, obviamente que en la actualidad muchos sistemas serán automáticos, probablemente equipos electrónicos serán reemplazados por equipos de comunicación y posicionamiento modernos, pero la actividad principal de la nave será la que nos indique las necesidades específicas.

Recomendaciones

- Preparar manual de instalación con procedimientos y normas aplicadas exclusivamente a embarcaciones, para lograr crecimiento técnico en cualquier tipo de embarcación.
- Ampliar la visión de la aplicación de las instalaciones eléctricas hacia otros sectores, que no sean necesariamente la construcción civil.
- Actualmente no existe en Ecuador un Astillero para realizar una construcción mayor a la del Taurus, pero hay una alta probabilidad de tenerlo en unos años, por consiguiente vale la pena estar preparados para realizar construcciones de mayor envergadura ya que el Taurus salió del medio de la transportación de combustible debido a que su capacidad ya no era rentable de acuerdo a los estudios realizados por Transnave [2].
- Con la futura construcción de los Astilleros Navales en Posorja se contará con la posibilidad de abrir fuentes de trabajo en instalaciones similares, de mayor capacidad para diferentes actividades.

5. Referencias

- [1] American Bureau of Shipping, Reglas para la Construcción y Clasificación de Buques de Acero, 1983
- [2] Plan estratégico 2011-2013, www.transnave.gob.ec, consultado 03 de julio 2015
- [3] Reglamento Internacional para prevenir abordajes 1972 (COLREG/72)