

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Programa Académico de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

**“Determinación de las Características Eléctricas y
Cálculo de la Planta Generadora de un Buque de Carga
de 16,000 Tm de Desplazamiento”**

TÉSIS DE GRADO

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTADA POR EL BACHILLER

LUIS F. URIBE ESCOBAR

PROMOCION 1966

LIMA - PERU

1971

I N D I C E

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	1
<u>CAPITULO I.-</u> Generalidades sobre las Instalaciones Eléctricas	
Navales	3
1.1.- Generalidades	3
1.2.- Historia del empleo de Electricidad en Buque	3
1.3.- Campo de aplicación	5
1.4.- Naturaleza de las Instalaciones Eléctricas Navales	9
1.5.- Normas y Reglas de aplicación	11
<u>CAPITULO II.-</u> Criterios para seleccionar las características	
Eléctricas de un Proyecto Naval	14
2.1.- Consideraciones previas	14
2.2.- Características de los Receptores	15
2.3.- Corrientes, Frecuencias y Tensiones Máximas y Normales..	16
2.4.- Razones que deben Influenciar en la Elección del Tipo de Corriente y Tensión en una Instalación Eléctrica Naval..	20
<u>CAPITULO III.-</u> Planta Generadora - Determinación de la Potencia	
a Instalar	43
3.1.- Determinación de la Potencia a Instalar	43
3.1.1.- Balance eléctrico	44
3.1.1.1.- Balance eléctrico a realizar en un Proyecto Eléctrico Naval	50
3.1.1.2.- Maneras de realizar el Balance Eléctrico	52

3.1.2.- Criterios para determinar el Número y la Potencia de los Generadores necesarios	56
--	----

CAPITULO IV.- Determinación de las Características Eléctricas
y Cálculo de la Potencia de la Planta Generadora
de un Buque de Carga de 16,000 Tm. de despla-
zamiento62

4.1.- Cálculo de la Potencia Eléctrica necesaria para los Ser- vicios de Alumbrado	67
---	----

4.2.- Determinación del Tipo de Corriente y de la Tensión a emplear en el Anteproyecto	77
---	----

4.3.- Determinación de la Potencia y del Número de generadores de la Planta auxiliar	82
---	----

4.3.1.- Determinación de los Factores de utilización	82
--	----

4.3.2.- Balance eléctrico	96
---------------------------------	----

4.3.3.- Determinación del Número y Potencia de los generadores a Instalar en la Planta auxiliar	98
--	----

4.3.4.- Cálculo de la Potencia del generador de emergencia	101
---	-----

4.4.- Consideraciones económicas sobre el costo de las Plantas Generadoras auxiliar y de emergencia	102
--	-----

CONCLUSIONES	109
--------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	112
--------------------	-----

I N T R O D U C C I O N

Resaltar en la actualidad la importancia del empleo de la electricidad en un buque, sería innecesario, ya que, su dominio se ha extendido tanto que abarca desde las industrias más grandes hasta los hogares más modestos.

En sus comienzos, el empleo de la electricidad se canalizó exclusivamente para los servicios de alumbrado. En las aplicaciones de fuerza, el campo era dominado totalmente por la energía térmica. A medida que el progreso en el campo eléctrico, especialmente de los motores, fue creciendo; se produjo el cambio progresivo en las instalaciones de fuerza, reemplazando a las antiguas máquinas de vapor por los primeros motores eléctricos de corriente continua.

Este primer paso en la introducción de la energía eléctrica como elemento fundamental para las instalaciones de fuerza, acarreeó consigo la necesidad de instalar a bordo generadores, con potencias cada vez más importantes, al mismo tiempo que complicó en cierta forma, lo que en aquella época constituía un proyecto eléctrico naval.

En la actualidad el paso más importante en un proyecto eléctrico naval, lo constituyen la selección del tipo de corriente, sea corriente continua o corriente alterna, el voltaje a generar, la potencia a generar y en un último término el número de generadores a instalar.

En el presente estudio he tratado de dar una idea práctica de cómo seleccionar y determinar las características eléctricas de un proyecto naval.

Antes de realizar el proyecto, he creído conveniente hacer un preámbulo de las diferentes instalaciones que a bordo de un buque son en la actualidad alimentadas por energía eléctrica, luego he examinado la naturaleza de las instalaciones que a bordo se efectúan y las normas que habitualmente reglamentan un proyecto eléctrico na-

Posteriormente se han estudiado los principales criterios teóricos y prácticos, que influyen para seleccionar las características del proyecto, analizando las ventajas y desventajas de uno y otro, desde el doble punto de vista técnico y económico.

Finalmente he expuesto una serie de ideas prácticas, producto de la experiencia y que pueden ser de mucha utilidad para la selección inicial de la planta generadora de un buque.

Debido a su gran uso a los grupos generadores de energía eléctrica instalados a bordo se les denomina "PLANTA AUXILIAR" para diferenciarlos de la "PLANTA PRINCIPAL" o planta de propulsión. Como anteriormente se ha visto la gran expansión de la energía eléctrica como fuente de conversión a otros tipos de energía (mecánica, luminosa, térmica, etc.) ha traído consigo que exista una gran diversidad de tipos de consumidores, motivando ello que se haga una clasificación en las instalaciones para diferenciar de una mejor manera el estudio de la electricidad a bordo; los tres grupos que se distinguen son:

- a) Instalaciones de alumbrado
- b) Instalaciones de Fuerza y calefacción
- c) Instalaciones Especiales y Servicios.

En los grupos a) y c) el empleo de electricidad es irremplazable, veamos, en la actualidad no existe medio más eficaz y económico para alumbrar que el conseguido por medio eléctrico, y por el gran avance de la electrónica no se le puede reemplazar en la parte de Radiocomunicaciones y ayuda a la Navegación que constituyen el mayor volumen de las instalaciones especiales.

En cuanto al grupo b) por el empleo mayoritario de plantas principales (propulsión) del tipo Diesel es completamente necesario utilizar motores eléctricos como auxiliares; sin embargo es necesario recalcar las ventajas que los motores eléctricos ofrecen sobre las máquinas de vapor, ellas son:

C A P Í T U L O I

GENERALIDADES SOBRE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS NAVALES.-

1.1.- GENERALIDADES.-

La intención del presente capítulo es dar a conocer de manera general las posibilidades de utilización de la energía eléctrica a bordo, al mismo tiempo que se pretende justificar el aumento de su empleo en la industria naval.

1.2.- HISTORIA DEL EMPLEO DE LA ELECTRICIDAD EN BUQUES.-

Tratar de resaltar el empleo y el gran papel que cumple la electricidad en la actualidad sería inútil, desde que ella es conocida en forma popular por los beneficios que brinda en las instalaciones domésticas y de manera industrial por ser el elemento fundamental que mueve a cualquier industria. Observando el vasto campo de acción que la electricidad posee actualmente, y los grandes beneficios que ella brinda, los buques no podían escaparse de aceptarla en sus instalaciones.

En sus comienzos el empleo de la electricidad a bordo se limitó exclusivamente a las instalaciones de alumbrado, en la parte de fuerza no participaba debido al empleo del vapor como elemento motriz fundamental. su evolución ha sido vertiginosa y hoy en día la electricidad es encontrada como elemento vital de la propulsión de algunos buques, especialmente de guerra y remolcadores de gran tonelaje (Mediante motores síncronos y de corriente continua).

- a) Carencia de condensaciones
- b) Rapidez de entrada en servicio
- c) Fácil control
- d) Mayor eficiencia
- e) Automatismo
- f) Fácil mantenimiento
- g) Economías en los gastos de mantenimiento.

Resumiendo de todo lo antes expuesto el empleo de la electricidad no admite discusión en los tres grupos de instalaciones, existiendo solamente algunas excepciones como el caso de la maquinaria de cubierta de los buques tanques, en los cuales por motivos de seguridad se recomienda el uso de motores a vapor.

1.3.- CAMPO DE APLICACION.-

Anteriormente se ha insistido en el gran número de aplicaciones que, cada día en mayor grado, pueden realizarse dentro de una instalación eléctrica naval. Con el propósito de que pueda servir de guía, al mismo tiempo que para dar una idea general de la importancia que puede llegar a alcanzar hoy una instalación eléctrica naval completa, se da a continuación una relación clasificada de tales utilizaciones.

a) Instalaciones Alumbrado:

Consisten en todos los manantiales de luz producidos eléctricamente. Fundamentalmente están formadas por lámparas de fila

mentos metálicos, lámparas fluorescentes, de arco o especiales para toda clase de apliques, arañas, plafones, pantallas, proyectores, reflectores, etc.

b) Instalaciones de Fuerza.-

b1) Maquinaria en cubierta:

Servomotor eléctrico o electrohidráulico

Cabrestantes

Molinete

Pescantes de botes

Winches o maquinillas de carga.

Ascensores

Accionamiento de escotillas

Ventiladores y extractores de bodegas

Bombas de carga y trasvase de petroleros, etc.

b2) Bombas para servicios de cubierta:

Bombas de baldeo y contraincendios

Bombas de achique

Bombas de sentinas

Bombas sanitarias de agua salada y dulce (fría y caliente).

Tanques sépticos

Caja de cadenas.

b3) Bombas y auxiliares de la maquinaria principal o propulsora:

Bombas de aceite lubricante

Bombas de trasvase y servicio diario de combustible

Bomba de agua de circulación

Bombas de agua de refrigeración

Bombas de circulación y refrigeración de evaporadores y condensadores, etc.

Bombas de turbosoplantes y sobrealimentadores.

Ventilación de la cámara de máquinas.

Purificadores y depuradores centrífugos de combustible

Calentadores eléctricos de combustible y aceite lubricante.

Compresores de aire para el arranque de la máquina principal

Viradores de los motores principales

c) Instalaciones Especiales y Servicios.-

cl) Comunicaciones interiores y aparatos de ayuda a la

Navegación:

Transmisores y receptores de radio

Radar

Girocompás y repetidores

Radio geniómetro

Sondas y Sonar

Piloto automático

Amplificadores y altavoces

Telégrafos

Teléfonos

Timbres

Claxons y llamadas de alarma

Sirena

Automático del timón

Luces de navegación con sus automáticos de alarma

Detectores de incendios

Tacogeneradores y repetidores

Indicador del ángulo del timón, etc.

c2) Instalaciones electrodomésticas:

Ventiladores portátiles y de camarote

Aparatos de radio portátiles

Televisores

Radiolas

Aspiradoras

Refrigeradoras

Picacarnes

Cafeteras

Tostadoras

Batidoras

Calientaviandas

Hornillos, etc.

c3) Instalaciones Especiales:

Aire acondicionado

Ventiladores de tanques térmicos

Instalaciones frigoríficas

Instalaciones para containers y cargas refrigeradas

Instalaciones de lavado y planchado

Calefacción y calentadores especiales

Cocinas

Hornos de pan

Puertas estancas, etc.

La anterior lista no pretende ser exhaustiva, y servirá para formarse una idea previa del extenso campo de aplicación de la electricidad a bordo.

1.4.- NATURALEZA DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS NAVALES.-

La instalación eléctrica a bordo de un buque, debe disponer de todos los elementos necesarios que le permitan ser segura y autónoma. Ambas características tienen por necesidad que gobernar tanto el proyecto como la realización de la instalación.

El hecho de que durante su navegación el buque no puede contar con más energía eléctrica que la que produce su planta, obliga a la autonomía, antes mencionada los riesgos y condiciones especiales y duras a que está sometida la instalación, obligan a extermar las medidas de seguridad.

De acuerdo con lo anterior, una instalación eléctrica a bordo estará compuesta por:

- Una planta generadora donde se transforme la energía me
cánica en la eléctrica necesaria.
 - Un tablero principal de distribución que permita el ac-
cionamiento, acoplamiento y selección de los generadores
correspondientes.
 - Una red de distribución que permita el enlace del table-
ro principal con las estaciones y subestaciones de dis-
tribución para que la energía eléctrica pueda llegar al úl
timo receptor; y
- La extensa gama de aparatos que hayan de utilizar la
energía eléctrica producida.

Con todo ello se habría obtenido una instalación autónoma. La carac-
terística de seguridad se le dará mediante la disposición de:

- La oportuna planta de socorro o emergencia, constituida
por generadores eléctricos o baterías de acumuladores.
- La interposición de disyuntores e interruptores (térmi-
cos o magnéticos) que protejan a los servicios esenciales, asegurán-
doles la continuidad en el suministro de energía.
- La disposición de elementos y piezas de repuesto nece-
sarios que permitan la reparación de averías durante la navegación.
- Las características especiales de todos los elementos
de la instalación, que le permitan trabajar en las condiciones de
humedad y vibraciones, así como los ángulos máximos de balance y ca-
bezada que han de presentarse.

1.5.- NORMAS Y REGLAS DE APLICACION.-

Existen una gran cantidad de reglas y normas que rigen el Proyecto y la realización de toda instalación eléctrico naval. Tales normas alcanzan su máxima amplitud cuando se refieren a las instalaciones en barcos mercantes de pasaje. Se consideran como tales aquellos que pueden transportar más de 12 pasajeros, y se exceptúan las embarcaciones de recreo, que no son consideradas como de pasajeros.

En cuanto a su aplicación, todas las reglas o normas pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Normas de fabricación, calidad y dimensionamiento de los diferentes elementos, motores, cables, accesorios, etc.
- Normas de instalación definiendo los esquemas y planes de distribución, tendido de canalizaciones, tensiones normalizadas,

En cuanto al cumplimiento de las normas éstas pueden ser exigidas por las siguientes entidades:

- El Armador del barco.- Que como propietario del mismo, dicta sus "especificaciones", a las que debe atenerse la instalación eléctrica realizada por el astillero, pudiendo al mismo tiempo exigir que dicha instalación sea ejecutada de acuerdo con las normas y experiencias dictadas por sociedades o agrupaciones especializadas en la materia. Lo anterior ocurre en Francia, por ejemplo, con la Unión de Sindicatos de Electricidad (U. S. E), y en Estados Unidos

con el Institute of Electrical and Electronic Engineers (I.E.E.E), quien en su Standard N° 45 da sus Normas de Aplicación para instalaciones Eléctricas en buques.

- La Sociedad Clasificadora, - Quien, por el hecho de comprometerse al reembolso del valor del buque, en caso de avería o pérdida, exige, para que las primas sean adecuadas, que las instalaciones reúnan una serie de requisitos dictados en sus Normas y comprobados y Certificados por sus inspectores. Cada armador está en la libertad de asegurar su barco de acuerdo con las normas de la sociedad de clasificación que elija, y aun con más de una simultáneamente. Las sociedades clasificadoras de mayor prestigio en el mundo son:

- "Lloyd's Register of Shipping" de Inglaterra. (1834)

"American Bureau of Shipping" de Estados Unidos (1862)

- "Bureau Veritas" de Francia (1828)

- "Germanischer Lloyd" de Alemania (1867)

- "Detnorske Veritas" de Suecia. (1864)

- "Registro Italiano Navale" de Italia (1861)

- El Gobierno.- Que en cada país, cumpliendo con su función de cuidar de la vida de los individuos de la nación, dicta normas encaminadas a velar por su seguridad. En el Perú el Ministerio de Marina por intermedio de sus Oficinas de Inspecciones en las Capitanías de Puerto cumple la anterior misión. Internacionalmente existen también normas redactadas por los principales países marítimos, la prin-

cipal norma al respecto es el "Reglamento para la Seguridad de la Vida Humana en la Mar". El cumplimiento de estas reglas, así como de cualquier otra dictada por el gobierno, está encomendada a los inspectores Navales de las Capitanías.

En el Perú, como en otros muchos países del mundo que tienen industria naval, no existe un reglamento que coordine y complete las exigencias de los tres grupos anteriormente citados. En Francia se redactó, mediante el COMITE D'ORGANIZATION DE LA CONSTRUCTION NAVALE, EN 1945, en "Proyecto de Reglas de aplicación para las instalaciones eléctricas a bordo de los navíos mercantes", reglamento al que me he referido en los capítulos posteriores.

C A P I T U L O I I

CRITERIOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE UNA INSTALACION NAVAL.

Conocido exactamente el número de receptores o consumidores de energía eléctrica que han de instalarse a bordo, las mejores o peores características, así como su costo y rendimiento, dependerán del acierto en la selección de las características eléctricas de tensión, frecuencia, tipo de corriente y distribución que se adopte en el proyecto inicial. En este capítulo se estudiarán los criterios que deben influir para tal selección.

2.1.- Consideraciones previas.-

En el capítulo anterior se vio que una instalación eléctrica naval estaba compuesta por: la planta generadora, los cuadros principales de distribución, la red de distribución y los diferentes aparatos que habían de transformar la energía eléctrica producida en la planta, en energía mecánica, luminosa, térmica, etc. necesarias para el servicio y utilización del buque.

El paso previo al estudio de las características de la planta generadora, consiste en la elección del tipo y valor de la tensión a generar, distribuir y utilizar, ya que en función de ella variarán los elementos que constituyen dicha planta. Podrán en consecuencia, seleccionarse corrientes continuas o alternas, y distintos valores para la tensión correspondiente.

2.2.- CARACTERISTICAS DE LOS RECEPTORES.-

Fundamentalmente el tipo de corriente, como el valor de la tensión, vienen fijados por la clase de receptores que hayan de utilizar la energía eléctrica generada a bordo; en otras palabras, por la diferente importancia que pueden alcanzar los distintos componentes de la instalación y que fueron reseñados en el párrafo 1.3. Las ventajas y desventajas que las corrientes alternas presentan en relación con las continuas, serán, pues, más o menos adecuadas según la utilización que de ellas vaya a hacerse.

Es, por lo tanto, necesario, al comenzar el estudio de una instalación, realizar una relación completa de los distintos elementos consumidores de energía eléctrica que hayan de disponerse. En el párrafo 1.22 se vio las ventajas que el empleo de la energía eléctrica suponía en el accionamiento de los diferentes auxiliares a bordo. Es en este momento cuando, en colaboración con los departamentos de casco y maquinarias, u obedeciendo las especificaciones del armador, ha de decidirse cuáles de dichos auxiliares y servicios de todo tipo han de alimentarse eléctricamente. Ello permitiría el poder realizar una relación completa y detallada de todos los consumidores de energía eléctrica que en el barco se dispondrá. Dicha relación incluirá número y clase de cada uno, situación a bordo, potencia a absorber, número de revoluciones, potencia de calefacción, etc. y en general toda cuanta información pueda obtenerse. De esta relación se conocerán las características de los receptores y en consecuencia podremos fijar la clase y valor de tensión más adecuados, de acuerdo con los principios generales que a continuación se discutirán.

2.3.- CORRIENTES, FRECUENCIAS Y TENSIONES MAXIMAS Y NORMALES

2.3.1.- Circuitos de alumbrado, Fuerza y Calefacción.-

Antes de efectuar la selección de las características de la energía eléctrica que se va a generar y distribuir a bordo, es preciso conocer los valores entre los que pueden oscilar dichas variables. Una primera subdivisión se tendrá al considerar el empleo de corrientes continuas y alternas. Dentro de éstas habrá que fijar el valor de la frecuencia y el número de fases elegidos. Y por último se determinará en cada caso el valor de la tensión de distribución. Los valores máximos de ésta vienen fijados por los reglamentos de las sociedades de clasificación, que los limitan atendiendo a la seguridad del buque; pero aún dentro de tales valores máximos es necesario elegir dichas tensiones de acuerdo con los valores más empleados normalmente.

En general los sistemas de distribución considerados normales son los siguientes:

A) DISTRIBUCION EN PARALELO A TENSION CONSTANTE

a) Corriente Alterna:

- Dos conductores en tensiones monofásicas
- Tres conductores en tensiones trifásicas
- Cuatro conductores en tensiones trifásicas con neutro

b) Corriente Continua:

- Conductor único con retorno por el casco (con excep-

ción de buques petroleros y de pasajeros).

- Dos conductores
- Tres conductores (dos activos y el central o neutro).

B) DISTRIBUCION EN SERIE A INTENSIDAD CONSTANTE.-

- Sólo en corriente continua.

La tabla I da las tensiones máximas y normales empleadas en los circuitos de fuerza alumbrado y calefacción.

Después de haber considerado los sistemas normales de distribución, en la tabla I se ha resumido las tensiones máximas admitidas por las sociedades de clasificación, así como las tensiones normales empleadas en Estados Unidos de Norteamérica y Europa. Cuando los valores máximos para las tensiones admitidas para los buques que transportan combustible líquido a granel con punto de inflamación inferior a los 65.5° C, son diferentes los admitidos para el resto de los buques, el valor correspondiente a aquellos valores figuran entre paréntesis. De igual manera se indican las tensiones aconsejadas antes por el LLOYD'S REGISTER para distribución a intensidad constante.

Además de las tensiones indicadas, pueden emplearse en petroleros valores aún superiores a los 2,300 voltios.

Sin embargo, el Reglamento del Bureau Veritas correspondiente al año 1967, regulariza el empleo de las instalaciones de Media Tensión, que permiten la utilización de tensiones alternas de hasta

TABLA 1

TENSIONES MÁXIMAS Y NORMALES (FUERZA, ALUMBRADO) EN VOLTIOS

CLASES DE CORRIENTE	TENSIONES MÁXIMAS FIJADAS POR:						TENSIONES EMPLEADAS NORMALMENTE					GENERADORES	
	LLOYD'S REGISTER			BUREAU VERITAS			EN E.E.UU	EN EUROPA					
	FUERZA	ALUMB.	CALEFAC.	FUERZA	ALUMB.	CALEFAC.	EN LOS GENERADORES	FUERZA	ALUMBRADO				
CORRIENTE DIRECTA A TENSIÓN CONSTANTE	500	250	500	500	250	500	120 BIFILAR		24	40	48		
							120/240 TRIFILAR	110		110		115	
							240 BIFILAR	220		220		230	
							240 BIFILAR FUERA 120 BIFILAR ALUMB.	440				460	
CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA.	500	250	500	250	125	250		110	24	42	110	115	
								220	24	42	110	220	230
CORRIENTE ALTERNATIVA TRIFÁSICA.	500	250	500	500	250	500		42	24		42		
							230 TRIFÁSICOS	190	24	42	110	200	
							380	220	24	42	127	230	
							450	380	24	42	110	220	400
								440	24	42	110	220	460
CORRIENTE DIRECTA A INTENSIDAD CONSTANTE	650	650	650	750	—	—	—	—	—		—		

5,500 voltios, cualquiera que sea el tipo de barco y siempre que las potencias puestas en juego lo justifiquen.

Los puntos colocados sobre los valores de la tensión indican que lo normal es la obtención de tales valores mediante el empleo de transformadores.

Los valores dados para la tensión en corriente alterna se refieren siempre al valor eficaz entre fases, es decir, a la tensión de red; por ello, el valor normal en tensión monofásica de 127 voltios corresponde al obtenido entre fase y neutro, o sea a la tensión de fase de una distribución a cuatro conductores de tensión trifásica de 220 voltios. Igual ocurre con el valor normal monofásico 220 voltios, obtenido de manera análoga de una red trifásica de 380 voltios con neutro accesible.

Las tensiones normales que figuran en la Tabla I se deben entender como tensiones de distribución, lo que significa tensión media de suministro. Este valor es asimismo el que corresponde a la tensión nominal de los diferentes motores, aparatos de calefacción y alumbrado, etc., y significa que es la tensión media para la que pueden garantizarse la potencia motora o calorífica, el flujo luminoso, etc.

Para poder obtener las tensiones medias de distribución requeridas, es preciso obtener de los generadores una tensión nominal ligeramente, a fin de compensar las caídas de tensión, permitiendo, por lo tanto, que la tensión de distribución sea muy próxima al va -

ler deseado. El margen de regulación en relación con la tensión nominal de los generadores es de $\pm 5\%$, siendo asimismo preciso que bajo ninguna intensidad la tensión entre bornes del generador sea superior en un 10% a la de la red.

En la última columna de la tabla, el asterisco significa que las tensiones de 24, 40 y 48 voltios deben ser obtenidos a partir de baterías.

2.3.3.- Frecuencia.-

Los valores generalmente empleados hasta ahora para la frecuencia son los siguientes:

- 50 c/s en Europa
- 60 c/s en América.

2.4.- RAZONES QUE DEBEN INFLUENCIAR EN LA ELECCION DEL TIPO DE CORRIENTE Y TENSION EN UNA INSTALACION ELECTRICA NAVAL.-

Se dijo en el capítulo anterior que la clase de receptores a instalar en un determinado buque, así como su número y características de la instalación eran las variables que había que considerar para determinar la clase de corriente y su tensión óptima.

A continuación se hará el anterior estudio, pero atendiendo a dos consideraciones:

- Conveniencia del empleo de corriente continua o alterna.
- Valores que deben adoptarse para la tensión y frecuencia.

2.4.1.- Selección del Tipo de Corriente.-

Históricamente el tipo de corriente utilizado originalmente en las instalaciones a bordo fue la corriente continua, a comienzos del presente siglo se realizaron en EE.UU. experiencias aisladas con corriente alterna, tales experiencias dieron buenos resultados, lo que trajo consigo que en 1932 la marina de guerra de EE.UU. decidiera el empleo exclusivo de corriente alterna en sus nuevas construcciones. Esta tendencia, se extendió a la Marina Mercante y luego a los restantes países.

A pesar de las indudables ventajas que se logran con la corriente alterna, las corrientes continuas gozan de ciertas peculiaridades que las hacen aptas para ciertos tipos de utilizaciones.

El problema de las ventajas y desventajas de uno y otro tipo de corriente ha sido una cuestión debatida por técnicos especialistas de todo el mundo.

Seguidamente analizaremos el problema antes mencionado, bajo el doble punto de vista técnico y económico.

Debido a que toda instalación eléctrica naval, por su carácter de autónoma, está compuesta por planta generadora, cuadros, red de distribución y receptores o consumidores de energía, el presente análisis se hará atendiendo a cada uno de los conceptos antes expresados.

2.4.1.1.- Planta Generadora:

La energía eléctrica a bordo ha de ser generada por dinamos o alternadores.

En el primer caso la Planta constará de un cierto número de generadores, comúnmente dispuestos para ser acoplados en paralelo, y estos podrán ser de un solo valor para la tensión, o adecuados para la alimentación de redes trifilares, solución frecuentemente usada en los EE.UU., donde abundan las plantas con dinamos a 120/240 voltios. Los alternadores podrán, a su vez, ser dispuestos para la alimentación de redes a tres y cuatro conductores.

Los problemas a que da lugar la conmutación de los dinamos hace que el valor máximo de la tensión generada no suela superar a los 250 voltios cuando los generadores alcanzan grandes potencias, al mismo tiempo que éstas limitan la velocidad de rotación. Ambas razones que evidentemente se traducen en aumento de secciones en el cobre y de peso en general frente a los alternadores que, por no tener tales limitaciones, permiten el empleo de mayores voltajes, se unen al hecho conocido de que un alternador y su excitatriz es mas barato y origina menos gastos de mantenimiento que un dínamo de características semejantes. El sensible ahorro que aparentemente puede obtenerse, queda en parte contrarrestado por el incremento de valor a que dan lugar la presencia de los reguladores de tensión y de velocidad del motor primo. Dicho ahorro, aún variando con el número y potencia de los generadores de cada planta, puede valorarse en cifras que oscilan entre el 10 y el 15% del costo inicial de la Plan

ta generadora, y de un 5 a un 7% en cuanto al peso de la misma.

Esta indudable ventaja que presenta el empleo de corriente alterna sobre la corriente continua, en cuanto a planta generadora, debe añadirse que mientras los cambios de tensión en los barcos requieran dos o más valores para ella tienen que ser producidos en corriente continua mediante la disposición de grupos convertidores motor-generadores, en distribuciones por corrientes alterna dichos cambios pueden ser fácilmente obtenidos mediante el empleo de transformadores estáticos que son conocidos por su robustez, sencillez, buen rendimiento y fácil mantenimiento.

Las perturbaciones a que dan lugar en una red de corriente alterna el arranque de motores cuya potencia suponga una fracción importante de la de los alternadores de la planta, obligan a considerar detenidamente este aspecto, haciendo que las ventajas antes apuntadas a favor de los alternadores se pongan más de manifiesto cuanto mayor sea la potencia instalada en el barco, ya que al crecer ésta disminuye lógicamente la proporción entre la potencia de los motores y la de los generadores de la planta, debiendo considerarse este aspecto unido a los que veremos presiden la distribución del número y potencia unitaria de dichos generadores. Sin embargo la reciente aparición de reguladores automáticos de tensión de gran sensibilidad y rapidez de respuesta van reduciendo la importancia de esta consideración, antes primordial.

Mediante el empleo de la corriente alterna a bordo, existe la posibilidad de alimentar la red del barco de la red del puerto cuando a este se arriba. Ello supone una gran ventaja y comodidad al permitir parar en puerto toda la planta generadora auxiliar, y un posible ahorro, ya que el Kw-h producido a bordo es normalmente más caro que el cobrado en el puerto por las compañías de electricidad. Se dice que ésta es una razón importante a favor del empleo de las corrientes alternas, ya que ellas son las que únicamente se usan en la tierra. Es evidente que para que esta solución proporcione las ventajas apuntadas, es preciso que los valores de la frecuencia y tensión de la red a bordo coincidan con las del puerto. La diferencia entre los 50 y 60 c/s empleados en Europa y América, así como la gran falta de normalización de tensiones entre los diferentes países, y aun dentro de algunos ellos, obliga a un análisis detenido del problema, difícil en sí, ya que se trata de suponer los puertos en que el barco va a recalar. En casos de igualdad de frecuencia y variación entre las tensiones del barco y puertos, la situación puede resolverse mediante la interposición de un transformador si bien en barcos de cierta importancia el gran tamaño de éste hacen que queden eliminadas prácticamente las ventajas apuntadas del sistema.

Por último, el manejo y acoplamiento de alternadores es más complicado que el de los dinamos. Ello no representa, sin embargo, una sensible dificultad, ya que una tripulación técnicamente capaci-

tada se adecúa fácilmente al empleo de la corriente continua como de la corriente alterna.

2.4.1.2.- Cuadros y Red de Distribución:

A continuación se analizarán las ventajas e inconvenientes que en los cuadros principales y secundarios, así como en la red propiamente dicha, presenta el empleo de uno u otro tipo de corriente.

Por la naturaleza de estos elementos, tanto cuadros como redes, en los que su función no es más que la de conducir y seccionar la corriente que, producida en los generadores, acciona a los receptores, se desprende fácilmente que las ventajas e inconvenientes de una u otra corriente son solamente las que derivan de la mayor o menor facilidad en el manejo y sencillez en la instalación, así como del mayor o menor costo de una respecto a otra.

En general un tablero principal en una instalación con corriente alterna es más complicado y caro que otro de corriente continua. Ello se debe a la necesidad de mayor número de aparatos (factímetros, frecuenciómetros, sincroscopios, etc.) hoy en día la mayor parte de los cuadros son de frente muerto, y el mayor costo que su realización representa es independiente del uso de corrientes continuas o alternas.

Ventaja sensible en cuanto al empleo de estas últimas es,

como ya se habló en el párrafo de generadoras, la posibilidad de empleo de tensiones mayores, con el ahorro consiguiente en peso y precio del cobre.

El mayor costo de un tablero principal, al ser construido para corriente alterna, va siendo menos sensible cuanto mayor es la importancia de la instalación. Es de notar que esta comparación se hace en base a tableros que distribuyen tensiones iguales y que gozan de protecciones semejantes. Si por el empleo de corriente alterna se pueden usar mayores tensiones que en continua, es evidente que la diferencia de precio puede cambiar de signo, llegando a producirse ahorros en el empleo de corrientes continuas en cuanto al costo de los tableros principales. Por ejemplo compararemos dos cuadros semejantes para una planta generadora de 1,500 Kw. Si se emplea corriente continua de 220 voltios y alterna trifásica de 380 voltios, el estudio se inclinará a favor de éstas últimas, ya que mediante su empleo podrán obtenerse ahorros del orden del 15% en precio 10% en peso y 20% en espacio. Comparando ahora las instalaciones en corriente continua y alterna en cuanto a red o tendido de cables se refiere, viene a influir en la elección el hecho repetido de posibilidad de empleo de tensiones mayores para la red de fuerza. Los ahorros que se producen mediante el empleo de unas u otras tensiones en cada tipo de corriente se verán detenidamente en un párrafo posterior. Haciendo la comparación entre redes semejantes para el transporte a bordo de corrientes continuas o alternas, se sabe que el costo de la red de cables es prácticamente el mismo en uno y otro caso.

Si bien la intensidad que circula por una red trifásica a 220 voltios con un factor de potencia igual a 0.8, es un 75.5% de la que pasaría por otra que transportase corriente continua a 220 voltios, el hecho de que la primera necesite tres conductores, y la segunda de dos, justifica que el costo de ambas sea sumamente aproximado. Si ahora comparamos instalaciones con tensiones superiores en corriente alterna, es evidente que el empleo de ellas produce ahorro. En barcos medianos, el empleo de una red de distribución trifásica a 440 voltios supone un ahorro del orden del 5% frente a una red de 220 voltios en continua. Este ahorro puede elevarse hasta un 8 a 10% conforme va aumentando el tamaño del barco y con él la importancia en la red de distribución.

Además de las consideraciones anteriores, debemos señalar algunos inconvenientes y ventajas que bajo otros aspectos presenta la distribución por la red de corrientes alternas. Dando éstas lugar a los fenómenos conocidos de inducción al circular por un conductor, se hace corriente a bordo el empleo de cables de tres conductores. En cambio, presentan ventajas en cuanto a la eliminación de efectos magnéticos sobre la brújula. Se elimina mediante su empleo la presencia de la "osmosis eléctrica", llamada así a la facilidad con que la humedad se introduce por cualquier grieta o defecto en el recubrimiento de los cables como consecuencia de un efecto electrolítico. Por último las corrientes alternas eliminan prácticamente las interferencias en la radio.

2.4.1.3.- Aparatos Consumidores:

En este párrafo se analizarán las corrientes continuas y alternas en función de su utilización. Hasta el momento se han discutido en cuanto a su generación y distribución, pero es evidente que será decisivo en la selección el estudio de cómo se comporten unas y otras en cuanto a las ventajas e inconvenientes que proporcionen al accionar los diferentes aparatos o elementos consumidores de energía instalados a bordo. Dado que no todos ellos tienen que realizar funciones semejantes, no necesitando, por lo tanto, iguales características, será necesario agruparlos de forma que el estudio pueda realizarse de manera homogénea dentro de cada uno de ellos. En el capítulo anterior se expuso una clasificación de los receptores. Se empezará el análisis en orden inverso a la clasificación antes dicha, empezando por los consumidores de menos potencia:

- Comunicaciones interiores y servicios auxiliares a la navegación
Instalación de alumbrado.
- Instalación de fuerza y calefacción.

El primero de los tres grupos tiene dos características bien definidas: En primer lugar, todos los aparatos que lo constituyen (timbres, teléfonos, radios, telegrafía, etc) consumen escasa potencia, luego no han de ser ellos los que influyan en la selección del tipo de corriente. En segundo lugar, en la mayoría de los consu-

midores de este grupo se alimentan directamente de generadores especiales. Cuando en casos de timbres, teléfonos, señalizaciones, etc. se necesite corriente continua en baja tensión, ésta será proporcionada por baterías; para el accionamiento de timbres, se realizan cada día más instalaciones en corriente alterna, bien a la tensión de distribución, bien a otra inferior obtenida mediante transformador.

En cualquier caso, se abandona el timbre para tender al generador, y de ahí el empleo de corriente alterna. En los aparatos auxiliares a la navegación es prácticamente general la necesidad de corrientes a tensiones y frecuencias distintas de la de distribución, siendo, por lo tanto, necesario la producción de ellas, cosa que se realiza por grupos accionados por motores eléctricos normales y generalmente de poca potencia, que, indistintamente pueden ser de corriente continua o alterna.

En cuanto a las instalaciones de alumbrado, hace años eran éstas las que constituían el principal consumo de energía eléctrica a bordo ya que los auxiliares y las instalaciones de fuerza eran accionadas por vapor. Bajo el punto de vista de utilización de corrientes continuas o alternas, siempre que se trate de lámparas incandescentes, que prácticamente constituyen una resistencia pura, el empleo de una u otra es indiferente. No ocurre así cuando se quiere instalar tubos fluorescentes, ya que el rendimiento de los tubos al ser alimentados por corriente alterna, es tan ventajoso, que hace que rara vez se alimenten con corrientes continuas. La técnica

de la iluminación avanza cada día y los tubos se presentan con mejores y más eficaces modelos realizados para ser alimentados exclusivamente con corrientes alternas.

Finalizando el análisis se estudiarán las instalaciones de fuerza y calefacción. En cuanto a las instalaciones de calefacción por su naturaleza resistiva, es indiferente el empleo de uno u otro tipo de corriente; por lo tanto nos ocuparemos de las instalaciones de fuerza, constituye éste el punto más importante en todo estudio realizado en el presente capítulo, y su consideración la que ha de pesar en definitiva, para la elección de una u otra clase de corriente.

Se empezará este estudio haciendo una comparación entre las diferentes características de los motores accionados por corrientes contínuas o alternas.

En general se recordará, que el motor trifásico presenta frente al de corriente contínua las ventajas de su gran robustez, menor peso, tamaño y costo, así como menores gastos de mantenimiento. Su principal inconveniente consistía en la dificultad de actuar sobre su control velocidad; pero, esta desventaja en la actualidad está siendo salvada con el uso de los modernos controles de velocidad variable a base de convertidores estáticos de frecuencia con tiristores, sin embargo el costo de dichos convertidores en la actualidad aún es elevado.

Dentro de todos los motores de corriente alterna, el que

en mayor grado proporcionala las ventajas antes dichas es el trifásico de inducción con rotor en cortocircuito (jaula de ardilla). Su comparación con un motor de continua presenta como se sabe, las siguientes diferencias fundamentales:

- No necesita colector
- No lleva bobinas en el rotor
- No necesita escobillas
- Necesita de menos repuestos
- Tiene mejor rendimiento
- En cambio, puede tener velocidad variable pero el costo del equipo necesario (convertidores estáticos de frecuencia) y las modificaciones en el diseño del mismo, no justifican su empleo como motor de velocidad variable.

Todo lo anterior, se traduce en el menor peso, dimensión y precio que le caracteriza y hace que este tipo de motor sea el más robusto que se conoce y el que produce menores gastos iniciales y de mantenimiento. Será por lo tanto, empleado siempre que sus características sean suficientes para el accionamiento del servicio deseado.

Cuando el servicio exija del motor, bien un par de arranque elevado o cuando de él se requiera velocidad regulable, los motores de inducción presentan la posibilidad de ser conectados variando el número de polos, lo que les permite tener hasta un máximo de cuatro velocidades fijas. Si ello no fuese suficiente, necesitándose la regulación continua de la velocidad en imágenes más o menos redu-

cidos, se tendrá que prescindir del empleo de motores de inducción tipo jaula de ardilla y acudir al empleo del motor con rotor bobinado en ellos, y mediante la adición de resistencias al circuito del rotor, puede obtenerse una posible regulación de la velocidad, si bien ésta depende de la carga y no puede variar en más de un 30% de la nominal. Este tipo de motor sigue siendo más robusto y económico que uno equivalente de corriente continua, no presenta sobre aquel las grandes ventajas que se señaló para el de rotor en corte circuito.

Cuando la posibilidad de regular la velocidad sea la característica fundamental y decisiva, y más si viene acompañada de la conveniencia de disponer de un fuerte par de arranque, se tendrá que decidir por el empleo de motores de corriente continua con excitación en derivación o compound, que son los que proporcionan las características antes dichas. Estos tipos de motores, a cambio de su velocidad regulable y gran par de arranque, son más grandes, caros y pesados, para igualdad de protección, que los trifásicos correspondientes. Se podrá conocer más exactamente el alcance que tiene dicho ahorro de peso y precio mediante el estudio de la figura 1, que compara gráficamente los precios de motores estancos a 220 voltios de corriente continua, con los de la misma potencia, tensión y protección trifásicos de anillos rozantes. La figura 2 compara motores abiertos de velocidad constante, 1750 RPM. de corriente continua, con los de igual tensión y protección trifásicos, bien de anillos rozantes, bien de doble jaula.

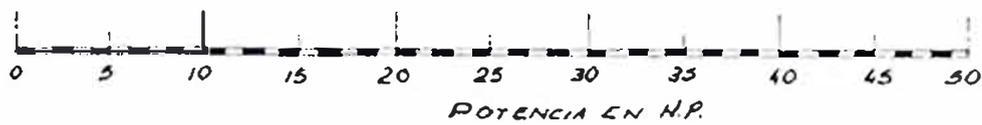
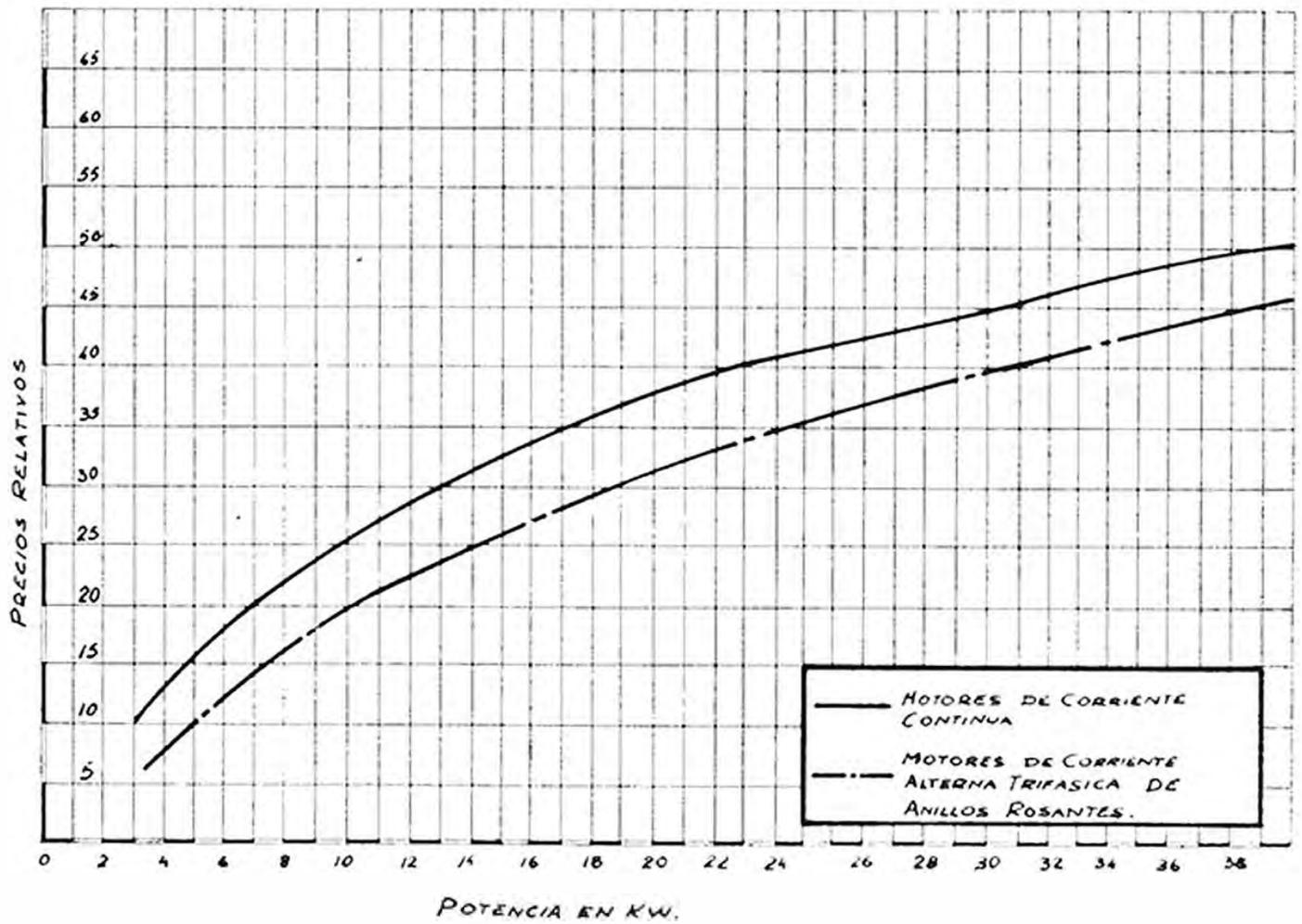


Fig. 1 - PRECIO DE MOTORES ELEVADORES
(MOTORES ESTANCOS ALIMENTADOS A 220V)

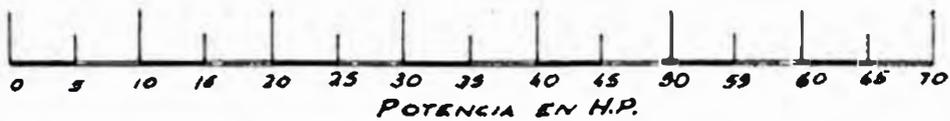
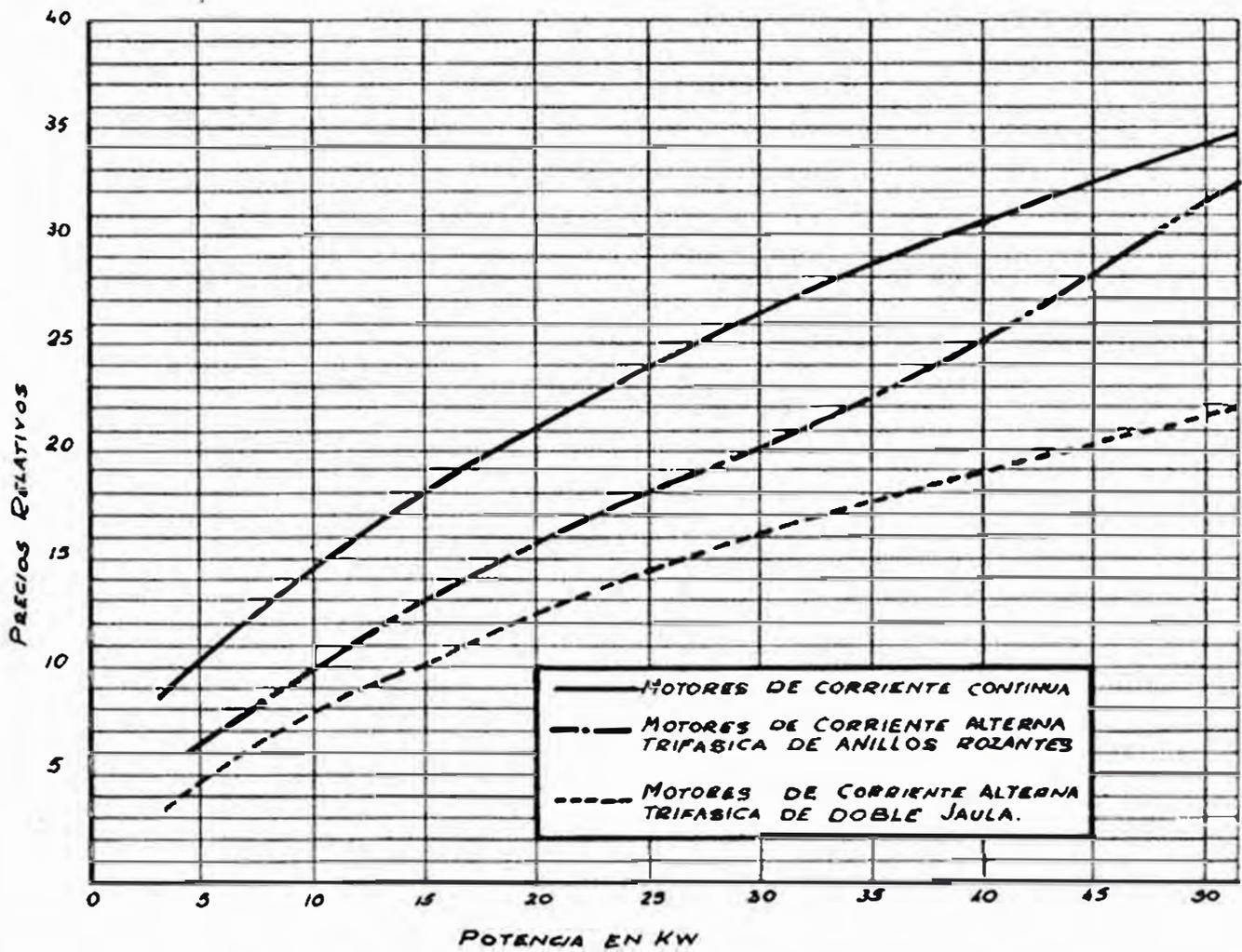


FIG. 2. PRECIO DE MOTORES ABIERTOS DE VELOCIDAD CONSTANTE 1.500 R.P.H. (TENSION: 220V.)

En las ordenadas de las figuras, se indican valores relativos, ya que bastará el conocimiento del precio del motor que proporciona un punto de las mismas para obtener comparativamente los restantes.

Las figuras 3 y 4 comparan los mismos tipos y gamas de motores citados anteriormente, pero bajo el punto de vista del peso. En las ordenadas de ellas, figuran los kilos que corresponden a cada motor. Se aprecia que el ahorro en precio es muy superior al conseguido en peso.

A la diferencia conseguida en el costo inicial, debe añadirse la enorme economía que el empleo de los motores trifásicos, y fundamentalmente los de jaula de ardilla, presentan en cuanto a gastos de mantenimiento y conservación. La supresión del colector y escobillas elimina el chisporroteo, y con él la limpieza y ranurado necesario en los motores de continua. En los de alterna, basta con una simple inspección, limpieza y engrase.

Otra ventaja del empleo del motor de jaula de ardilla, es que admite el arranque directo a la red en gran parte de las bombas y servicios a bordo. Ello supone un gran ahorro y seguridad en el correspondiente elemento de control, si bien hay que considerar que las mayores intensidades absorbidas en el arranque por este sistema puede influir sensiblemente sobre la tensión de la red, dificultando al mismo tiempo la protección de los circuitos. A este mismo respecto, y en cuanto a la proporción entre el número y potencia de

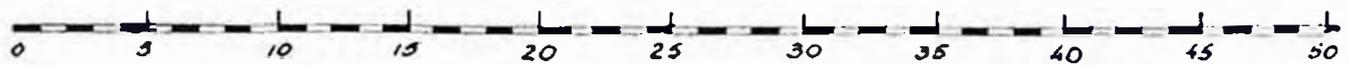
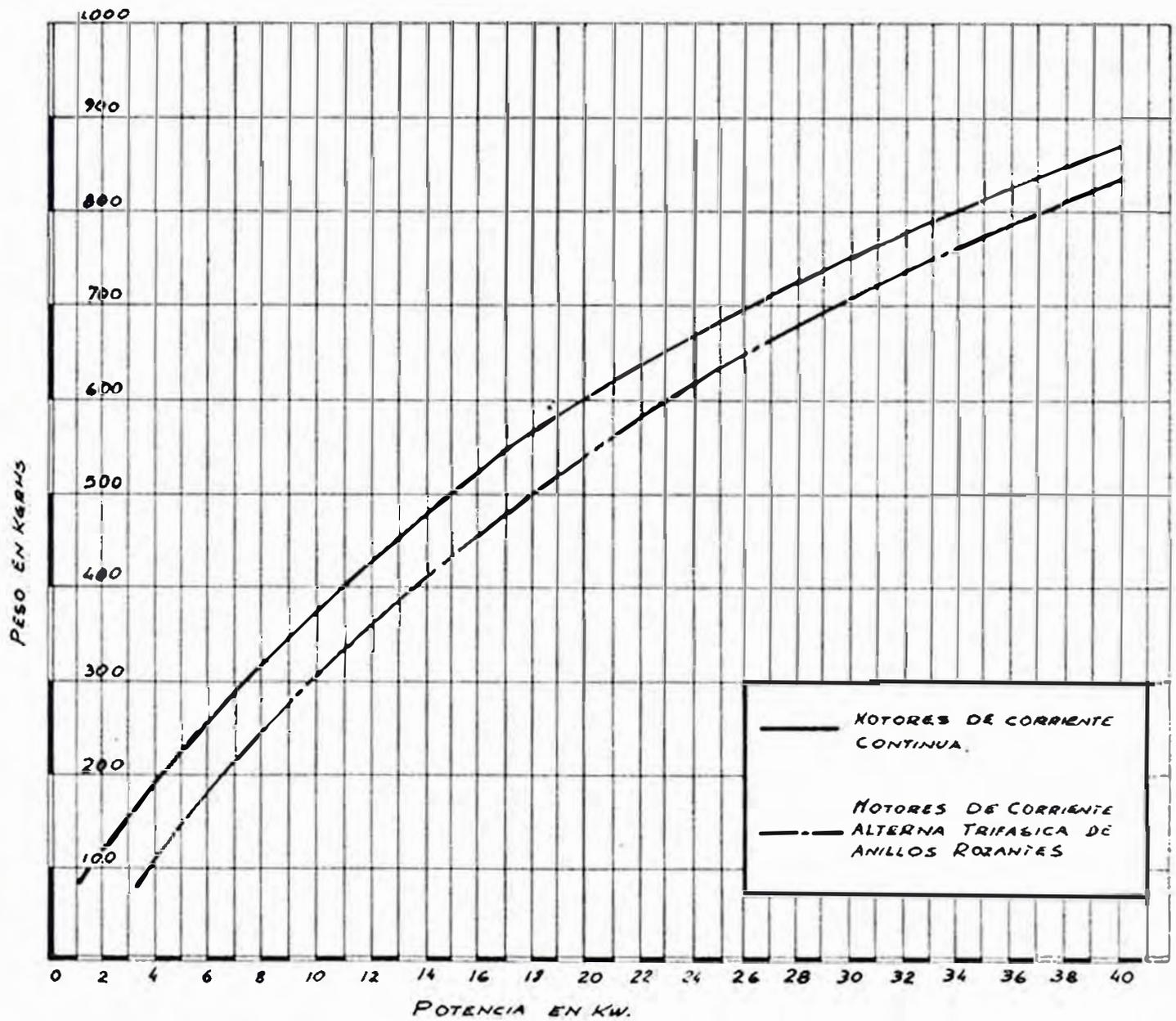


FIG.3.- PESO EN KILOGRAMOS DE MOTORES ELEVADORES
(MOTORES ESTANCOS ALIMENTADOS 110V.)

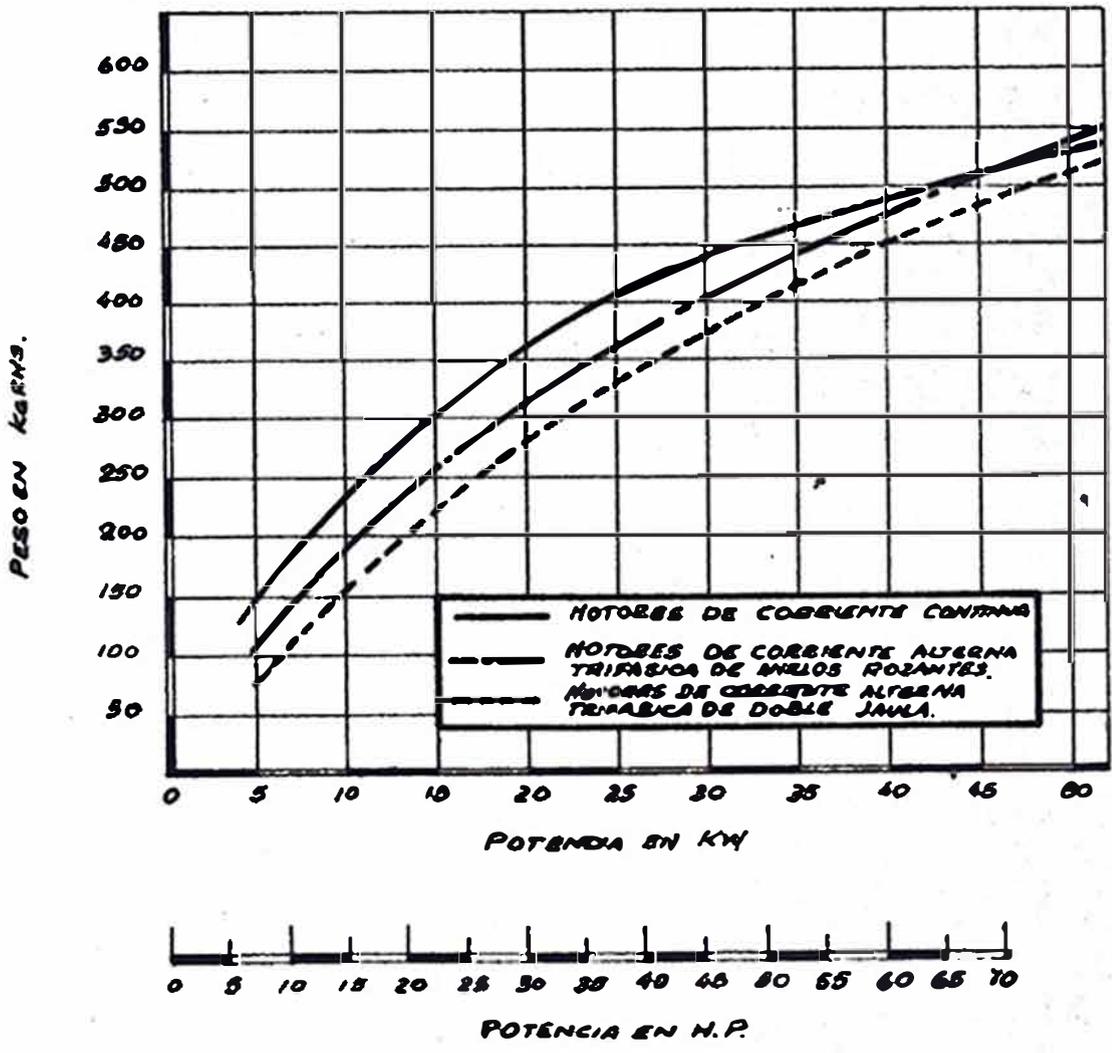


FIG. 4- PESO EN KILOGRAMOS DE MOTORES ABIERTOS DE VELOCIDAD CONSTANTE 1800 R.P.M. (TENSION: 220V)

los motores accionados por un alternador, se dijo al hablar de éstos, que en el arranque la mayor intensidad y el bajo factor de potencia producidos influyen y perturban tanto más a la distribución y el servicio cuanto más cercana está la potencia de los motores a la del generador correspondiente.

Todo lo anterior hace que la realización de una distribución a bordo con corriente alterna, deba ser realizada cuidadosamente y presente mayor dificultad que el proyecto de una instalación de corriente continua. Tanto más cuanto que para la obtención en servicio de los factores de potencia y rendimiento adecuados es necesario que cada motor trabaje la mayor cantidad de tiempo posible a su potencia nominal, lo que obliga a un gran cuidado y atención en la determinación de ésta.

Hasta el momento hemos enumerado hasta aquí las características y condiciones de trabajo que reúnen los diferentes tipos de motores. A continuación consideraremos cuál de ellos se adapta en general al accionamiento de los diferentes servicios a bordo. Todo ello bajo el punto de vista de seleccionar cuál sea el tipo de corriente más indicado para su empleo a bordo.

Empezaremos con el accionamiento de los servicios, que en el título de instalaciones electrodomésticas e instalaciones especiales, ya que en general todos los aparatos que le integran son de uso normal en tierra. Para su alimentación se prestan preferentemente las corrientes alternas, ya que son éstas las empleadas en las ins-

talaciones terrestres, y por lo tanto, para las que se adaptan mejor cuantas instalaciones de este tipo, de las existentes en el comercio, que se desean emplear.

Dentro de los motores que han de servir para accionar la maquinaria auxiliar a bordo, merecen especial atención los correspondientes a la maquinaria auxiliar de cubierta. Anteriormente se dijo que las instalaciones navales fueron en sus comienzos realizadas con corriente continua, fundamentalmente porque la parte más importante de las instalaciones de fuerza correspondía a los winches de carga, cabrestantes y elevadores en general. Se ha visto que para este tipo de aparatos, a los que se les exige un gran par de arranque y un gran campo de regulación en su velocidad de servicio, no son en absoluto adecuadas las características de los motores trifásicos de inducción. En cambio se adaptan perfectamente los motores serie o compound de corriente continua, ya que con ellos se obtienen aproximadamente las mismas características que con las máquinas de vapor, es decir, un gran par de arranque, necesario en la elevación de cargas pesadas, y una regulación de velocidad que permite el izado lento de aquéllas, mientras que las cargas ligeras pueden ser rápidamente maniobradas. Esta versatilidad del motor de corriente continua, ha hecho de que en las últimas décadas se empleen para accionar maquinaria de cubierta. No obstante dichas ventajas, el motor de inducción de 4, 8 y 28 polos patentado por SIEMENS está paulatinamente imponiéndose para la maquinaria de cubierta.

Sólo queda hacer referencia a las bombas, tanto las que corresponden a los servicios de cubierta (baldeo, contraincendios, etc) como a los auxiliares de la maquinaria de propulsión. Unas y otras, y salvo excepciones, pueden ser accionadas por motores de continua o alterna. En el primer caso, se emplearán según el tipo de bomba, motores derivación o compound, con ligera influencia de la característica serie, dependiendo ésta de la mayor o menor necesidad de par de arranque.

Si a bordo se dispone de corriente alterna, se usará el motor de inducción, seleccionando el tipo de jaula, sea, sencilla, doble o de ranura profunda, según se desee obtener en el arranque un par normal al mismo tiempo que una intensidad elevada, o si es conveniente disponer de una alta resistencia en el momento de arranque, y poca a plena carga. El motor de ranura profunda proporciona una solución intermedia entre las dos anteriores. En general se usará el motor de jaula poco resistente en el accionamiento de los auxiliares que no exijan par de arranque elevado como ocurre con las bombas centrífugas y los ventiladores. El motor de jaula con resistencia intermedia es más empleado en el accionamiento de compresores de aire y bombas alternativas. El motor de doble jaula, presenta una gran resistencia al arranque y, por lo tanto, es el más adecuado para el accionamiento de compresores que hayan de arrancar con contrapresión, viradores de ejes, etc.

2.4.2.- Selección de la Tensión de Distribución.-

De todos los análisis anteriormente expuestos se deduce claramente que cuando a bordo se emplean tensiones elevadas se consiguen mayores ahorros en el peso, tanto en los generadores, tableros de distribución, como en los mismos consumidores de energía.

Se terminará el presente capítulo comparando en forma concreta, algunos de los ahorros que en peso de cobre de la instalación presenta el empleo de las tensiones y sistemas de distribución normales.

A continuación se comparará la red necesaria para una determinada instalación, según sea alimentada ésta por 110 ó 220 voltios. En general se recordará que la determinación de la sección de todo conductor debe venir fijada en función de:

- la resistencia mecánica del mismo
- la intensidad de corriente que conduce
- la caída de tensión máxima admisible

En instalaciones navales de primer punto no necesita ser tomado en consideración, debiéndose guardar las normas existentes sobre separación de grampas de sujeción, etc.

Consideremos el conductor necesario para alimentar a un aparato cualquiera que consuma una potencia W en función de la intensidad que haya de transportar. Siendo V la tensión de distribución, dicha intensidad será, en corriente continua:

$$I = \frac{W}{V}$$

Luego si se duplica el valor de la tensión, la intensidad I se reducirá a la mitad; por lo tanto, la sección del conductor, al ser ésta una función de I , sería, a su vez, la mitad si dicha función fuera lineal. Ello equivaldría a decir que la densidad de corriente δ era constante, ya que:

$$\delta = \frac{I}{S}$$

Siendo S la sección en mm^2 y viniendo δ , en amperios por mm^2 .

Si así fuese, es evidente que la instalación a 110 voltios necesitaría el doble de peso de cobre que la misma alimentada a 220 voltios.

Pero la densidad de corriente δ no es constante, ya que experimentalmente se obtiene que para que los conductores trabajen en un régimen estable de temperatura, los amperios por mm^2 han de disminuir al aumentar la intensidad que circula por el conductor y, por consiguiente su sección. Tanto los manuales de trabajo como los reglamentos de las sociedades clasificadoras dan tablas que ligan los amperios que pueden circular en régimen continuo por un conductor, con la sección del mismo. Dichas tablas variarán con el aislante empleado para el conductor, el número de conductores y su distancia, la temperatura exterior, etc.

No es fácil definir una relación matemática que ligue I con S y δ . Pero aún introduciendo algunas hipótesis y simplificaciones, se establecerán unas relaciones que nos den la forma de la función que más se asemeje a la de la curva empírica que se deduce de la representación gráfica de los valores dados en las tablas:

En un conductor de L metros, recorrido por una intensidad I durante un tiempo t , se producen unas calorías Q dadas por la expresión:

$$Q = 0.24 \times I^2 \times R \times t$$

Siendo R la resistencia del cable, que, puesta en función de la resistividad ρ y del radio de dicho cable, supuesto circular, será:

$$Q = 0.24 \times I^2 \times \frac{\rho \times L}{r^2} \times t$$

Si se supone al conductor desnudo y que su material irradia K calorías por centímetro cuadrado y minuto, la expresión total de las calorías disipadas será de la forma:

$$Q' = K \times 2\pi r \times L \times t$$

Igualande las dos cantidades de calor, es decir, tendiendo a establecer un equilibrio de temperatura, se obtendrá el valor del radio r que hace que esto ocurra:

$$0.24 \times I^2 \times \frac{\rho \times L}{r^2} t = K \times 2 \pi r \times L \times t$$

$$I^2 = \frac{2 K \pi^2}{0.24 \rho} \times r^3 = K' r^3$$

$$r = K'' I^{2/3}$$

$$S = \pi r^2 = K''' I^{4/3}$$

(1)

Para llegar a este resultado se ha supuesto que ρ y K son constantes, lo que no es cierto, ya que varían con la temperatura; pero siendo importante esta variación dentro de los límites considerados, se puede obtener la consecuencia y justificación de que la sección del conductor no varía, proporcionalmente, con la intensidad sino que es una función hiperbólica de grado $4/3$ de aquélla.

Poniendo la expresión (1) en función de δ , resultará:

$$\frac{S}{K'''} = I^{4/3} \quad , \quad S^3 K_1 = I^4$$

pero $\delta = \frac{I}{S} \quad , \quad S^3 = \frac{I^3}{\delta^3}$

Luego $K_1 \frac{I^3}{\delta^3} = I^4$

$$I \delta^3 = K_1$$

(2)

La anterior expresión pone de manifiesto la forma de la función que liga I con S y que demuestra que ésta no puede ser constante.

Las expresiones (1) y (2) son teóricas, y solamente la experiencia ha determinado los pares de valores $I - S$ que figuran en las tablas.

Las relaciones anteriores se han referido a la determinación de la sección de un conductor, a continuación se determinará la sección en función de la caída de tensión, en el caso de corriente continua.

Sea "e" el valor admisible de la caída, que siempre vendrá dado en un tanto por ciento n de la tensión V de distribución, de tal forma que:

$$e = \frac{n}{100} \times V$$

Al mismo tiempo:

$$e = I \times R = \frac{P \times L}{S} \times I$$

$$\frac{n V}{100} = \frac{P \times L}{S} \times I$$

$$S = \frac{P \times L \times 100}{n} \times \frac{I}{V}$$

$$S = K_2 \frac{I}{V}$$

Si se realiza la misma instalación pero con una tensión $V/2$, se tendrá para las mismas potencias que transportar por los conductores una intensidad $2I$, y la nueva sección S'' será:

$$S' = K_2 \frac{2I}{V/2} = 4 K_2 \frac{I}{V} = 4 S$$

Luego la sección y, por lo tanto, el peso para una longitud L será cuatro veces mayor.

Lo que significa que si las dimensiones de los conductores de una instalación se fijan en función de la caída de tensión, y se compara una instalación a 110 voltios con otra a 220 voltios, el peso con la última tensión es cuatro veces menor que con la primera.

De todo lo anteriormente expuesto se deduce que en barcos con instalaciones eléctricas importantes, el empleo de tensiones bajas conduciría a un tamaño prohibitivo de los conductores; por lo tanto en todos los barcos grandes, la distribución correspondiente a servicios de fuerza y calefacción se realiza normal y exclusivamente con 220 voltios con corriente continua, y 440 voltios con corriente alterna. En cambio la distribución para alumbrado se hace con 110 voltios en corriente continua obtenidos por medio de generadores trifalares con generación 110/220 como el que se muestra en la fig. 5, en corriente alterna el alumbrado se realiza con 110 voltios obtenidos por medio de transformadores.

C A P I T U L O I I I

P L A N T A G E N E R A D O R A

Se denomina planta generadora al conjunto de máquinas que se instalan a bordo para producir la energía eléctrica necesaria al servicio del barco. Estará compuesta, por lo tanto, por los grupos electrógenos, y a su vez éstos se clasificarán en principales y de emergencia, en función de la red que alimenten. Cada grupo electrógeno constará del generador eléctrico propiamente dicho, bien sea dinamo o alternador, y del motor primo que lo accione, y que podrá estar constituido por una máquina alternativa, una turbina o un motor diesel. En el capítulo anterior se estudiaron los criterios que existen para seleccionar el tipo de corriente y el valor de la tensión más adecuados a cada instalación eléctrica naval. En este capítulo se analizará la forma de determinar en cada caso el valor de la potencia eléctrica a generar y cómo debe ser distribuida entre los diferentes generadores, lo que nos permitirá fijar el número y potencia eléctrica de cada uno de ellos.

3.1.- DETERMINACION DE LA POTENCIA A INSTALAR.-

Para determinar la potencia a instalar, es necesario realizar una estimación de las distintas potencias que van a ser exigidas por todos los diferentes elementos que a bordo consuman energía eléctrica en los diversos estados o condiciones de trabajo que puedan

presentarse. Una vez conocida la potencia necesaria para hacer frente a la peor de tales condiciones, se procede a determinar el número y potencia de los generadores que hayan de suministrarla.

3.1.1.- Balance Eléctrico.

Para iniciar el análisis es necesario disponer de una relación completa en la que figuren todos los aparatos consumidores de energía eléctrica que a bordo hayan de instalarse, con expresión, entre otras características, de la máxima potencia a consumir por cada uno de ellos.

A la suma total de tales potencias unitarias se le designa comúnmente con el nombre de potencia instalada de receptores, o simplemente potencia instalada. Es evidente que los generadores no han de estar dispuestos para poder producir el total de dicha potencia instalada, ya que muchos de los receptores considerados corresponden a elementos de reserva, y los restantes, o no tienen por qué trabajar simultáneamente, o, si lo hacen, pueden no consumir el total de su potencia nominal. Por lo tanto, la potencia absorbida será sólo una fracción de la total instalada y esta fracción variará con las distintas condiciones de trabajo. Será, pues, preciso estimar la potencia probable que tendrá que disponer en cada caso. Dada la multiplicidad de hipótesis que pueden realizarse y de diferentes situaciones a considerar, es imposible encontrar normas fijas al respecto

En general los casos que se consideran, y a los que se les da el nombre de hipótesis de carga, son los siguientes:

- Navegación normal.
Carga y descarga en puerto.
- Entradas y salidas de puerto.

Estos tres casos constituyen el mínimo a considerar, no obstante que es también necesario analizar en cada uno de ellos, la potencia requerida de día y de noche. Este último es imprescindible en todos aquellos barcos en los que la potencia instalada en alumbrado suponga una fracción considerable de la total.

El conjunto de hipótesis y cálculos que se realizan para la estimación de la potencia necesaria a cada hipótesis de carga es a lo que se llama "BALANCE ELECTRICO" o "análisis de carga". En el momento de analizar y presuponer la fracción de la potencia instalada que ha de ser consumida en cada uno de los casos considerados por cada uno de los servicios o grupo homogéneo de ellos, es cuando aparece el concepto de "coeficiente de utilización", que seguidamente se discutirá.

De acuerdo con el Comité d' Organisation de la construction Navale (C.O.C.N. francés), por cada circunstancia, así como para cada aparato o conjunto homogéneo de ellos, se determinará la potencia a prever, afectando a la potencia total o instalada de un coeficiente de la forma:

$$K_u = K_n \cdot K_{sr}$$

En esta expresión el factor de utilización K_u viene dado por el producto de otros dos factores, que representan:

K_n = Factor de simultaneidad en marcha. - que tiene en cuenta el hecho de que un cierto número de aparatos o receptores idénticos pueden permanecer inactivos por tratarse de equipos de reserva. Será, pues la relación existente entre el número "n" de aparatos simultáneamente en servicio y el total N de aparatos instalados a bordo. Lógicamente valdrá la unidad en el caso general de un solo aparato en servicio, o de un conjunto de ellos trabajando simultáneamente. K_n será menor que la unidad, en el caso en que se conoce previamente que algunos de los servicios de un conjunto homogéneo no ha de ser empleado. Tal sería el caso de un barco que dispone de tres electrobombas de aceite de lubricación para el servicio de sus dos motores principales, estando dispuestas una para cada motor y una de reserva. En tal caso K_n será, naturalmente, igual a 0.66

K_{sr} = Factor de Servicio y de régimen.- que representa la probable superposición de condiciones análogas de trabajo, desfasadas en el tiempo. Depende, por lo tanto, del ciclo de funcionamiento y del régimen del servicio considerado. A continuación se analizará separadamente, los dos conceptos "servicio" y "régimen". K_{sr} dependerá por lo tanto:

A) Del "servicio" del aparato o aparatos considerados, de la no superposición en el tiempo de su funcionamiento o de su ciclo de funcionamiento en aquellos aparatos que funcionan de modo no con-

tínuo. En estos se considerará particularmente la relación entre su tiempo en marcha a plena carga y el total de servicio. De acuerdo con esto, K_{sr} será igual a la unidad en el caso de un solo aparato o conjunto de ellos que funcionen simultáneamente de manera continua y a pleno régimen. Contrariamente, K_{sr} será menor que la unidad en los siguientes casos:

a) Un conjunto de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente y a pleno régimen, pero de manera discontinua, como los cabrestantes y winches de carga.

b) Para los aparatos en funcionamiento discontinuo con un servicio temporal inferior a una hora.

c) Para un conjunto de aparatos (semejantes o diferentes) sometidos a funcionamiento discontinuo (pudiendo sobrepasar de una hora) cuando se puede prever la puesta en marcha sucesiva de los aparatos que constituyen el conjunto (caso particular de las bombas de sentinas, trasvase, y algunas centrífugas en las que su utilización por día es solamente del orden de un par de horas y que son frecuentemente puestas en servicio sucesivamente).

B) Del "régimen" del aparato o aparatos que constituyen el conjunto. Se consideran los siguientes casos:

a) Auxiliares de propulsión, en el caso de navegación corriente (servicio continuo). Los constructores y armadores se reservan en general un margen para estos aparatos a fin de poder hacer

frente al exceso de potencia requerida, bien por navegar el barco a la máxima velocidad, bien por hacerlo con mal tiempo o en regiones cálidas, lo que exigirá un mayor gasto en las bombas de circulación.

En consecuencia, el valor estricto de este coeficiente será del orden de 0.8 a 0.9. Es necesario, sin embargo, que el margen disponible sobre la potencia de los grupos electrógenos en servicio durante la navegación permita la alimentación de estos auxiliares a su régimen normal de potencia, si fuese necesario, y, el que el régimen de marcha sea del orden del 85 al 90%. Si fuese menor, si sería necesario tenerlo en consideración.

b) Servomotor eléctrico o electrohidráulico. La manobra normal consiste en desplazamientos del timón inferiores a 15°, que necesitan una potencia reducida. Las maniobras con ángulos superiores son excepcionales y de corta duración. Así, en el caso de servos electrohidráulicos, la potencia permanente absorbida por la bomba es del orden de 0.25 de la potencia nominal.

c) Ventiladores previstos para funcionar a marcha reducida. Este caso es semejante al de los servomotores. La predeterminación del factor total de servicio y de régimen no puede hacerse, en general, de manera exacta, y debe inspirarse en estudios especiales realizados al objeto y en el análisis de otros balances eléctricos posteriormente comprobados. En pequeño número de casos, podrá ser razonable subdividir el coeficiente K_{sr} en sus dos componentes; K_r , factor de régimen; y K_s , factor de servicio.

Teniendo en consideración todas las anteriores definiciones e indicaciones dadas hasta aquí, es recomendable el empleo de las siguientes cifras cuando se efectúa un balance eléctrico.

MAQUINARIA CUBIERTA.-

Molinete.- Es solamente empleado en las entradas y salidas de puerto. K_{sr} variará en esta circunstancia de 0.6 a 1, según el tipo de barco.

Cabrestante.- Su factor de utilización es aún más débil que para el molinete, y puede ser absorbido por el conjunto de las restantes auxiliares de cubiertas.

Winches de carga.- Se admite que todos pueden ser utilizados simultáneamente ($K_n = 1$) La determinación de K_{sr} se hace mediante la fórmula:

$$K_{sr} = \frac{1 + 0.3 (n - 1)}{n}$$

Con un número de 0.33 y siendo n el número de winches. Este coeficiente se aplicará a la potencia total de las winches, en el caso de que todas sean de la misma potencia.

Servomotor.- $K_{sr} = 0.25$ en navegación normal. Si no existe más que una bomba o un motor, $K_u = 0.25$. Si existen dos

bombas, $K_n = 0.5$ y $K_u = 0.125$ sobre el total de la potencia instalada. Suele a veces tomarse $K_u = 0.15$.

AUXILIARES DE LA PROPULSION.-

Las bombas y servicios que componen estas auxiliares deben ser examinadas con todo cuidado, según las circunstancias y las líneas, debe tenerse en cuenta lo explicado al hablar del coeficiente K_{sr} (apartado a) de (A).

AUXILIARES RESTANTES.-

Ventilación y calefacción.- K_{sr} , varía de 0.3 a 1, según la estación. Por otra parte, es tanto más elevado cuando el barco se aparta del navío de pasajeros.

Bombas de servicio.- El valor total de K_u varía entre 0.5 y 0.4, según los barcos y circunstancias.

Alumbrado.- $K_u = 0.5$ a 1, según los casos.

Aparatos de cocina.- Los elementos calefactores tienen un coeficiente de servicio y de régimen de 0.6 a 1, variable según la línea, el número y tipo de servicios.

3.1.1.1.- Balances Eléctricos a realizar en un Proyecto Eléctrico Naval.-

Se ha definido como balance eléctrico a la previa estimación de la máxima potencia que en las diferentes hipótesis de carga ha de ser suministrada por una planta generadora, será necesario realizar tantos balances como plantas productoras de energía eléctrica hayan de disponerse a bordo. En el caso general de una planta auxiliar y una de emergencia, será necesario realizar dos balances. Debe entenderse que como en condiciones normales de navegación o puerto la planta de emergencia no tiene por qué estar en funcionamiento, serán los generadores principales los que hayan de suministrar el total de la energía necesaria, tanto si va destinada a servicios normales o de emergencia. De todas formas es necesario realizar el balance del cuadro de emergencia que permita determinar la potencia de dicho grupo. Es, por lo tanto, frecuente que en la realización de este balance, y por evidentes razones de seguridad, todos los coeficientes de utilización estimados sean iguales a la unidad.

Si en el barco se fuesen a disponer dos o más plantas generadoras diferentes, aparte de la de emergencia, se realizarán tantos balances eléctricos como plantas a disponer, teniéndose que considerar los servicios que hayan de ser alimentados por cada una de ellas y las posibilidades de interconexiones.

Para poder determinar la potencia de los transformadores que hayan de alimentar a los servicios de alumbrado, por ejemplo, a

tensiones inferiores a la empleada para fuerza, será asimismo necesario realizar el correspondiente balance eléctrico.

3.1.1.2.- Maneras de realizar el Balance Eléctrico:

El conjunto de cálculos necesarios para la redacción de un balance eléctrico, realizado de acuerdo con las normas generales dadas hasta aquí, suele presentarse en forma de tablas o cuadros como los que se describen a continuación.

En el capítulo I se presentó una clasificación arbitraria que agrupa los receptores eléctricos con el fin de posterior de seleccionar el tipo de corriente y tensión a emplear a bordo. En cambio, para la realización de los balances eléctricos, puede emplearse otra clasificación, en función de sus condiciones de alimentación. Y es la siguiente:

Categoría I .- Auxiliares de propulsión y seguridad.

Categoría II .- Auxiliares necesarios para la navegación

Categoría III.- Alumbrado normal.

Categoría IV .- Aparatos de fuerza - calefacción - ventilación.

Categoría V .- Aparatos especiales.

De acuerdo con esta clasificación, se realizará el estudio del cálculo del balance eléctrico. Existen hasta 2 formas de realizarlos.

La primera corresponde al Proyecto de reglamento realizado por el C.O.C.N., de donde, como se dijo antes, están tomadas literalmente las normas para la fijación del coeficiente K_u . Se representa en la tabla II y que se explica por si misma, con la sola aclaración de que, en el caso de corriente alterna, se toma generalmente:

$$\cos \varphi = \frac{Kw}{KvA}$$

tomándose Kw y KvA de los datos obtenidos en la hoja de cálculos. Esta fórmula, aún no siendo rigurosa, da, por defecto, valores suficientemente aproximados. Un cálculo exacto, haciendo intervenir para cada auxiliar la potencia activa y reactiva, es sólo necesario en el caso en que una fracción importante de los auxiliares marche en vacío o con carga muy débil, tal como sucede con los winches de carga.

La segunda forma de realizar el balance se indica en la tabla III, corresponde a un cálculo simplificado, en el que sólo figuran las potencias dadas por cada auxiliar en HP, sin considerar la potencia en Kw absorbida por cada uno. Al final se admite un rendimiento de la instalación que según ésta, puede variar entre un 0.75 y 0.85. Finalmente se adiciona la potencia conocida en Kw correspondiente a los servicios de alumbrado y calefacción, afectados en su K_u .

TABLA II
 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE LOS GRUPOS
 ELECTRÓGENOS. BALANCE ELÉCTRICO. HOJA DE CÁLCULOS

CARACTERÍSTICAS DE LOS RECEPTORES						1ª HIPÓTESIS: NAVEGACIÓN NORMAL					2ª HIPÓTESIS: ...							
DESIGNACION	Nº DE APARATOS A BORDO		POTENCIA UNITARIA		POTENCIA TOTAL		Nº DE APARATOS EN MARCHA	FACTORES			POTENCIA TOTAL NECESARIA		ETC ...					
	UTIL	ABSORBIDA	P		MARCHA	SERVICIO Y REGIMEN		UTILIZACION	P · K _U									
											P _U	P _A				N P _A · P _A		P · K _U
	N	K _W	K _W	KVA	N K _W Σ K _W	N KVA Σ KVA		γ	K _m	K _{SY}	K _U	K _W	KVA					
CATEGORIA I																		
CATEGORIA II																		
↓																		
							POTENCIA TOTAL NECESARIA COS φ MEDIO											

TABLA III

CALCULO SIMPLIFICADO DEL BALANCE ELECTRICO

DESIGNACION	Nº DE UNIDADES	POTENCIA UNITARIA	POTENCIA TOTAL	1ª HIPOTESIS: NAVEG. NORMAL	2ª HIPOTESIS MAXIMA IN PUEBLO	3ª
		HP	N.HP	K ₀	K ₀	HP
CATEGORIA I	N					
CATEGORIA II						
↓						

3.1.2.- Criterios para determinar el número y la potencia de los generadores necesarios.-

Por medio del balance eléctrico se determina la potencia necesaria que hay que disponer en la planta generadora en los diferentes estados de carga que el barco se verá sometido. Eligiendo a aquel estado que requiera mayor potencia a instalar, se habrá determinado la potencia mínima que debe poder suministrar la planta generadora. Se dice mínima porque el cálculo realizado debe ser incrementado en un margen razonable, debido, en primer lugar, a la consideración del pequeño margen que en todos estos cálculos debe tomarse, y en segundo a que, a lo largo de la vida del barco, la potencia eléctrica instalada sufre constantemente pequeños pero continuos incrementos. Este margen también suele venir fijado por la necesidad de atenerse a las potencias normalizadas que ofertan las casas suministradoras de generadores.

Una vez determinada la potencia a generar podría parecer suficiente el disponer un sólo generador capaz de suministrarla, para con ello resolver el problema; sin embargo, no es así porque:

- Una avería en el mismo dejaría al barco sin posibilidad de producción de energía eléctrica.
- Una falta, aun momentánea, de llegada de tensión al cuadro dejaría sin alimentación a los servicios vitales a bordo.

- Al trabajar en las otras condiciones de carga a potencias muy inferiores a la nominal del generador, el rendimiento del mismo empeoraría sensiblemente.

Todas las anteriores consideraciones están recogidas en los reglamentos de las sociedades de clasificación, que determinan los servicios vitales o esenciales a los que, en ningún caso, debe faltar el suministro de energía (LLOYD'S, párrafo M-615) y en el Convenio Internacional para la seguridad de la Vida Humana, en la Mar, que regula el que "en todo buque en que la electricidad constituya el único medio de mantener los servicios auxiliares indispensables a su propulsión y seguridad, deberá estar previsto, como mínimo, de dos grupos electrógenos principales, de potencia tal, que pueda garantizarse el funcionamiento de dichos servicios en caso de parada de uno de los grupos".

Para cumplir lo exigido anteriormente, será preciso, después de realizar el balance eléctrico, el estimar que parte de la potencia corresponde a los servicios vitales. De acuerdo con los datos obtenidos, se tendrían valores para cumplir en forma estricta con lo especificado; sin embargo, es buena práctica, y muy generalizada, el distribuir la potencia total necesaria a la condición de carga más desfavorable, en un número n de generadores de igual potencia y de manera tal que $(n - 1)$ generadores puedan suministrar la antedicha potencia. Esta solución, además de cumplir todas las especificaciones, permite disponer de un generador de reserva, aún

en el caso más desfavorable de potencia exigida. El generador en reserva podrá ser permitido circularmente con los demás, ello permitirá el reposo periódico de los mismos y la posibilidad de realizar en ellos las oportunas revisiones.

El número n de generadores se fijará teniendo en consideración los otros estados de carga que el generador tenga que soportar.

Además de los resultados teóricos antes obtenidos, es necesario atenderse a normas generales experimentadas en la práctica:

- Para potencias de 150 a 250 Kw, se suele disponer de dos generadores, capaces, cada uno de ellos, de suministrar el total de la potencia.

- Para potencias superiores, hasta las del orden de los 500 ó 600 Kw. suelen disponerse tres generadores iguales, de tal forma que la potencia total pueda ser absorbida por dos de ellos.

- Cuando la potencia total necesaria sea superior a los 1000 ó 1200 Kw, puede ser aconsejable llegar a instalar cuatro y aún mayor número de generadores, debiendo quedar siempre uno de ellos de reserva.

- En cualquier caso la potencia unitaria de cada uno de los generadores no debe pasar de los 800 a 1000 Kw.

- Se considerará detenidamente el resultado del balance eléctrico, y no sólo en cuanto a la potencia máxima a disponer, sino

también analizando las necesarias a los restantes estados normales de carga. Ello puede influir necesariamente en la determinación del número de generadores. Estos se subdividen de forma que la potencia necesaria en tales diversos estados de carga pueda ser producida por ellos a regímenes de carga, próximos al normal, con lo que se podrán conseguir rendimientos altos de la instalación. Es de tal importancia esta consideración, que puede llegar a aconsejar el empleo de generadores de diferentes potencias al compensar su mejor utilización el mayor número de generadores de reserva que esta solución exigiría.

- En todo tipo de instalación y preferentemente en las de corriente alterna, es importante comprobar que cualquiera de los grupos generadores debe permitir el arranque en carga del motor de más potencia de todos los que componen la instalación, sin alteraciones en la tensión de red superiores a las admitidas por los reglamentos. Como dijimos, es éste un inconveniente que va desapareciendo con el empleo de los modernos reguladores automáticos de voltaje de respuesta rápida.

- En los barcos de pasajeros de registro bruto superior a las 30,000 toneladas, la planta generadora puede repartirse entre dos compartimientos estancos diferentes. Cada una de tales plantas debe disponer de su tablero principal de distribución; ambas pueden estar a su vez, interconectados. Y el balance eléctrico y la determinación del número y potencia de los generadores se hará en conjunto en el caso de que las dos plantas alimenten la misma red, y separadamente en caso contrario.

Todo lo que se acaba de exponer sirve para formar el criterio de selección de número y potencia de los generadores necesarios en una instalación eléctrica importante. Citaré únicamente como excepción el caso de aquellos barcos que, por efectuar travesías de corta duración, los armadores pueden solicitar la instalación de los generadores de tal manera que la potencia total necesaria sea proporcionada por todos ellos actuando simultáneamente. Es, sin embargo, indispensable comprobar que la parada de uno de los grupos electrógenos no deje sin alimentación a los servicios vitales a bordo.

Por último en las pequeñas instalaciones inferiores a los 10 Kw, que alimentan únicamente al alumbrado y a la estación de radio (TSH), se puede disponer un grupo electrógeno único, con la condición de que el TSH pueda ser alimentado por baterías y de que se dispongan sistemas de alumbrado de emergencia, no necesariamente eléctricos.

A manera de ejemplo, y con la finalidad de tener una idea de la magnitud que puede alcanzar una instalación eléctrica naval, daré las características principales de las instalaciones del transatlántico "QUEEN ELIZABETH 2" (en la actualidad el más grande del mundo):

Su planta generadora principal está compuesta por 3 turbogeneradores de 5,500 Kw a 3,300 voltios trifásicos. Los generadores son del tipo "BRUSHLESS". Su planta de emergencia consta de dos ge-

neradores diesel trifásicos de 350 Kw. 440 voltios. Su instalación de fuerza consta de más de 400 motores de 440 voltios, trifásicos; dicha tensión y la de alumbrado es obtenida por medio de: cuatro transformadores de 3.3 Kv/440, 1,500 Kva para la maquinaria, ocho transformadores de 800 Kva para los servicios y alumbrado, y cuatro transformadores de 350 Kva para alimentar la maquinaria de cubierta.

C A P I T U L O I V

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS Y CALCULO DE LA PLANTA
GENERADORA DE UN BUQUE DE CARGA DE 16,000 TM. DE DESPLAZAMIENTO.-

DATOS: A) Se dispone de la relación completa de consumidores de energía eléctrica (agrupados en consumidores de fuerza y servicios). Tabla 1

B) Se dispone de los planos de ubicación de los compartimientos y sala de Máquinas.

C) El armador o propietario del buque especifica que las instalaciones se hagan de acuerdo a las Normas de la Sociedad Clasificadora "AMERICAN BUREAU OF SHIPPING".

TABLA 1

1.- CONSUMIDORES DE FUERZA				
Sistema	Consumidor	Potencia HP	Potencia Kw	N° de Unidades a Instalar
MAQUINARIA DE CUBIERTA	Motor Winche de carga	51	38	16
	Motor maquinilla auxiliar de las Plumas	5.6	4.2	12
	Motor maquinilla auxiliar de las Plumas	18	13.5	4
	Motor Pluma Real	11.4	8.6	2
	Motor auxiliar Pluma Real	6.1	4.6	1
	Motor pescante de botes	5	3.675	2
	Molinetes	63	47	1
	Motor cabrestante	51	38	1
	Servometer	32.2	24.2	2

CONSUMIDORES DE FUERZA					
SISTEMA	NOMBRE	POTENCIA HP	POTENCIA KW	N° DE UNIDADES A INSTALAR	
VENTILACION	Ventilador sala de Máquinas	25	18.4	3	
	Extractor Sala de Máquinas	5	3.7	1	
	Ventilador Bodegas 5 y 4		8.4	6.3	3
		5 y 4	1.15	0.87	1
	Ventilador CO2	1.15	0.87	1	
	Ventilador Bodega 1, 2 y 3		8	6	3
			6	4.5	2
	Extractor Baños	1.7	1.28	2	
	Extractor cocina	2.3	1.73	1	
	Extractor Pañoles	1.7	1.28	1	
	Ventilador cocina	1.7	1.28	1	
	Ventilador lavandería	1.7	1.28	1	
AUXILIARES DE LA MAQUINA PRINCIPAL	Bba Refrigeración Pistones	34	25	2	
	Bba de aceite Lubricante	56	41.1	2	
	Bba. Refrigeración agua dulce	64	47	2	
	Bomba de Refrigeración de Inyectores	5	3.75	2	
	Bba. circulación de combustible	8	6	2	
	Bba. de trasvase del Diesel Oil	5.5	4.1	1	
	Bba. de trasvase del Fuel Oil	13	9.75	1	
	Virador del Eje de la máquina principal	12.5	9.38	1	
	Guía de la Sala de máquinas	3	2.25	1	
	Compresor de aire de arranque de la máquina principal	60	45	2	
	Purificador del Fuel Oil	5.5	4.1	2	
	Purificador del Diesel Oil	7.5	5.6	1	
	Purificador Aceite lubricante	7.5	5.6	1	
Compresor de aire auxiliar	12.5	9.38	1		

CONSUMIDORES DE FUERZA		POTENCIA HP	POTENCIA Kw	N° DE UNIDADES A INSTALAR
SISTEMA	CONSUMIDOR			
BOMBAS PARA SERVICIOS Y CUBIERTA	Eba. de lastre y sentinas	34	25	1
	Eba. de sentina y Puerto	34	25	1
	Eba. de servicio general y contra incendio	60	45	1
	Eba. de lodos	3	2.25	1
	Eba. de agua salada	78	58.5	2
	Eba. de aceite vegetal	13	9.75	1
	Eba. de circulación de agua caliente	4	3	1
	Eba. de agua Dulce N° 1	7.6	5.7	1
	Eba. de agua dulce N° 2	1.2	0.9	1
PLANTA FRIGORIFICA, AIRE ACONDICIONADO Y CARGA REFRIGERADORA	Compresor Frigorífico	5	3.75	2
	Bomba de refrigeración	2	1.5	1
	Ventilador Cámara Frigorífica	0.11	0.08	1
	Compresor aire acondicionado	65	48.75	1
	Unidad acondicionadora	8	6	2
	Servicio Container N° 1	-	5.2	7
	Servicio Container N° 2	--	5.2	7
CALDERA	Eba. de agua Dulce	12.5	9.2	2
	Ventilador	2	1.5	1
	Eba. de petróleo	1	0.75	1
	Calentador de petróleo	-	2	1

CONSUMIDORES DE FUERZA		POTENCIA HP	POTENCIA Kw	N° DE UNIDADES A INSTALAR
SISTEMA	CONSUMIDOR			
	Torneo	3	2.25	1
	Taladro	2	1.5	1
	Esmeril	2	1.5	1
	Cepillo	2	1.5	1
	Máquina de soldar	-	11	1
COCINA Y SERVICIOS DE CALEFACCION	Cocina		23	1
	Horno		2.5	1
	Horno de pan		6	1
	Peladora de papas		0.75	1
	Amasadora		0.375	1
	Ascensor de platos		0.75	1
	Lavadora		2	2
	Cafetera		2	2
	Calentador de agua		0.8	3
	Testador de pan		0.5	2
	Conservador de calor		0.75	4
	Parrilla		0.75	1
Estufas para calentar ambiente		1	4	
CONSUMIDORES DE SERVICIOS ESPECIALES				
	Radar		1	1
	Eco Sonda		2.5	1
	Estación de Radio		2	4
	Comunicaciones Interiores		4	1
	Girocompas		1	1
	Motor de la bodega		3.7	1
	Detector de incendios		2	1

CONSUMIDORES DE ALUMBRADO (Ver. Párrafo 4.1)		
	POTENCIA Kw	N° DE UNIDADES A INSTALAR
Alumbrado de Hotelería	25	_____
Alumbrado de sala de máquinas	17.72	_____
Alumbrado de cubierta y bodegas	16	_____
Calefacción de motores y generador eléctrico	10	_____

4.1.- CALCULO DE LA POTENCIA ELECTRICA APROXIMADA NECESARIA PARA
LOS SERVICIOS DE ALUMBRADO DEL BUQUE.-

Como se ha dicho en los primeros capítulos el alumbrado fue el primer servicio que a bordo utilizó energía eléctrica. Con el tiempo la evolución de las instalaciones de alumbrado ha sido enorme, a ello ha contribuido por una parte, el gran desarrollo y perfeccionamiento de lámparas y artefactos, y por otra su justificación económica si se tiene en cuenta su gran rendimiento.

Las aplicaciones luminosas de la electricidad pueden ser generalmente empleadas a bordo con un triple fin:

- Iluminación de locales
- Luces de Navegación y señales
- Proyectores

De los servicios arriba mencionados los que mayor consumo de energía eléctrica tienen son el primero y el tercero, siendo el segundo un porcentaje por demás reducido si se le compara con los otros.

Para calcular la energía eléctrica necesaria (aproximada) para cubrir dichos servicios se empleará el método simplificado a partir del consumo medio en watts/mm² o watts/ m³ que nos proporciona la Tabla XXII del Documento I70-000, Año 1955 Editado por el COMITE d'ORGANISATION DE LA CONSTRUCTION NAVALE (C.O.C.N) Paris;

T A B L A X X I I

ILUMINACION Y POTENCIAS DE ILUMINACION

L O C A L E S	ILUMINACION (en Lux)	POTENCIAS (en vatios/m ²)
Camarotes de pasajeros y Oficialidad	15 - 20	10 - 12
Camarotes de tripulación	10 - 15	5 - 8
Camarotes de Lujo	50 - 60	20 - 25
Pasadizos de pasajeros	10 - 15	8 - 12
Pasadizos de tripulación	10 - 15	5 - 8
Locales de reunión de pasajeros	50 - 100	20 - 30 - 40
Locales de reunión de tripulación	20 - 40	10 - 15
Locales sanitarios (Baños)	15 - 20	8 - 12
Locales de servicios (Cocinas, Desp)	20 - 25	6 - 10
Enfermería	60	15
Puentes de paseo y descubiertos	5 - 10	4 - 5
Puentes de botes	2	1.5 - 3
Salas de máquinas	30 - 45	2.5 a 4 w/m ³
Puestos de maniobra	60	25
Salas de calderas (Deducido el vol. cald)	20 - 30	10/1.5 a 3w/m ³
Bocas de calderas	60	25
Túneles y compartimentos de menos de 200 m ³	10	3 a 5 w/m ³

CUBIERTA PUENTE DE NAVEGACION.-

LOCALES	DIMENSIONES (metros)	AREA m ²	DENSIDAD w/m ²	watts
CASETA DE GOBIERNO	4 x 9.2	36.8	25	920
CUARTO DE PLANOS	3.5 x 5	17.5	25	437.5
BAÑO	1.2 x 1.7	1.68	12	20
PASADIZO	1 x 18 + 2 x 18	5.4	8	43.2
ALERONES DEL PUENTE	2 (5.4 x 9)	97.2	5	486

SUMA: - - - - - 2000 watts

Más 20% para tomacorrientes: $1.2 \times 2,000 = 2400$ watts +

Más 2 proyectores de 500 watts - - - - - 1000 watts

TOTAL CUBIERTA PUENTE DE NAVEGACION = 3,400 watts

CUBIERTA DE BOTES.-

LOCALES	DIMENSIONES (metros)	AREA m ²	DENSIDAD w/m ²	watts
CAMAROTE CAPITAN	4 x 3.8	15.2	40	608
SALA DEL CAPITAN	5 x 13	65	25	1625
BAÑO DEL CAPITAN	3.8 x 1.6	6	12	72
CAMAROTE DEL TELEGRAFISTA	2.4 x 3	7.2	30	216

SIGUE

BAÑO DEL TELE GRAFISTA	12x3	3.6	12	43.2
ESTACIÓN DE RADIO	5x2.4	12	25	300
CAMAROTE DEL ARMADOR	4x3	12	40	480
SALON DEL ARMADOR	4.6x3.8	17.5	25	437.5
BAÑO DEL AR. MADOR	1.4x3	4.2	12	50.4
PAÑOL DE RO- PA BLANCA	1x3.2	3.2	10	32
SALA DE BA- TERIAS	2.6x0.8	2	25	50
SALA DE CON- VERTIDORES	1x1.6	1.6	25	40
DESPENSA DEL CAPITAN	2.2x2.5	5.5	10	55
PASADIZOS	1.2x7.4 + 2.1x8.7	27	12	324
CUBIERTA DE BOTES	14x7.8 + 11.6x6.5 + 3.2x5.4	202	3	606

Suma - - - - - 5000 watts
 Más 20% para tomacorrientes. $1.2 \times 5000 = 6000$ watts
 Más 4 proyectores de 300watts % 1200

TOTAL CUBIERTA DE BOTES - - - - - 7,200 watts

CUBIERTA PUENTE -

LOCALES	DIMENSIONES (metros)	AREA m ²	DENSIDAD w/m ²	Watts
CAMAROTES DE OFICIA- LES, MOTORISTAS Y ELECT.	2(2.4x5.5) + 2(12x4)	122.4	12	1470
BAÑOS DE OFICIALES, MO- TORISTAS Y ELECTRICISTAS	2(2.4x1.8) + 4(2x2)	24.6	12	295

SIGUE

PASADIZOS	$2(16.6 \times 1.2) + 2(4 \times 1.2) + 58 \times 1.2$	56.6	12	680
SALÓN 1 ^{EROS} MAQUINISTAS Y OFICIALES	$2(4.5 \times 5.4)$	48.8	15	732
CAMAROTE 2 ^º MOTORISTA Y PRÁCTICO	$4 \times 4.1 + 4 \times 2.8$	27.6	12	330
BAÑO 2 ^º MOTORISTA Y PRÁCTICO	4×2.6	10.4	12	124
LAVANDERÍA	2×2.6	5.2	10	52
OFICINA DE INGENIERÍA	2×3.4	6.8	15	102
CUBIERTA PULANTE	$2(17 \times 14) + (7.8 \times 9) + 2(3.8 \times 4)$	149	5	745
SUMA				4,500 w

Más 20% por tomacorrientes y calentadores eléctricos. $1.2 \times 4,500 = 5,400 \text{ watts}$

Más 4 proyectores de 400 watts % = 1,600 watts

TOTAL CUBIERTA PUENTE - - - - - 7,000 watts.

CUBIERTA TOLDILLA -

LOCALES	DIMENSIONES (metros)	AREA m ²	DENSIDAD w/m ²	watts
SALON Y COMEDOR DE OFICIALES	6.2 x 10	62	40	2480
DESPENSA DE OFICIALES	6.2 x 3.2	19.8	10	198
PASADIZO	$14 \times 11 + 2 \times 8.8 + 9.2 \times 1.1$	43.2	12	510
ENFERMERÍA	3.8 x 3.6	13.8	15	207

SIGUE

CAMAROTES	$13 \times 9 + 4 \times 4 + 7.6 \times 3.2$	82.4	12	1010
BAÑOS	$1.8 \times 4 + 2.2 \times 4$	16	12	192
COMPARTIMENTO GRUPO EMERGENCIA	4.6×3	13.8	25	345
TALLER DE ELECTRICIDAD	4.6×2	9.2	25	230
COMP MAQ. FRIGORÍFICA Y AIRE ACOND	4×6.4	25.6	10	256

SUMA - - - - - 5,500 watts
 Más 20% por tomacorrientes, calentadores, etc - - - - - $1.2 \times 5500 = 6,600$ watts
 Más 4 proyectores de 200 watts % - - - - - 800 watts.
TOTAL CUBIERTA TOLDILLA - - - - - 7,400 watts.

CUBIERTA SUPERIOR -

LOCALES	DIMENSIONES (metros)	AREA m ²	DENSIDAD W/m ²	watts
CAMAROTES DE TRIPULACIÓN	$16.2 \times 3.2 + 22.8 \times 3.2$	125	8	1,000
COCINA	6.6×5.4	35.6	10	356
SALON DE TRIPLANTES	6.6×7.6	50	12	600
DESPENSA DE TRIPLANTES	1.8×5	9	10	90
LAVANDERIA	3×6.3	18.9	10	189
BAÑOS	$6.2 \times 2 + 2 \times 8$	28.4	12	340

SIGUE

PAÑOL DE ROPA BLANCA	$2 \times 3 + 2 \times 4 \times 19$	105	10	105
PASADIZO	$2(14.8 \times 1.2) + 1.2 \times 4.2 + 1.2 \times 3.8 + 2(1.2 \times 2)$	56	8	448
SALA DE ARRANCA DORES DE WINCHES	1.6×3	48	25	120

SUMA - - - - - 3,300 watts

Más 20% por tomacorrientes y calentadores - - - - - $1.2 \times 3,300 \approx 4,000 \text{ w}$

Más calefacción de winches ($4 \times 750 \text{ w}$) = 3,000 w

TOTAL CUBIERTA SUPERIOR - - - - - 7,000 watts

CUBIERTA BAJA -

LOCALES	DIMENSIONES (metros)	AREA m^2	DENSIDAD W/m^2	watts
TALLER DE ME. CANIFA	14×6.5	91	20	1,820
CUARTO CO ₂	4×6.5	27	8	216
CAMARAS FRIGORÍFICAS	8.6×4.4	38	8	304
DESPENSA VIVERES Y PAÑOL	$6.2 \times 2.6 + 3 \times 4.4 + 4.4 \times 4 + 2.2 \times 6.8$	62	8	496
PASADIZO	9.3×2.6	24	8	192

SUMA - - - - - 3,028 w

TOTAL CUBIERTA BAJA - - - - - 3,100

SIGUE

SALA DE MÁQUINAS -

LOCAL	ALTURA (mts)	DIMENSIONES (mts)	VOLUMEN m ³	AREA m ²	w/m ³	watts
CUBICHETE	14.2	12.4 x 6.4	1130	79	4	4,520

TOTAL EN EL CUBICHETE - - - - - 4,520 watts

CUBIERTA PLATAFORMA -

LOCAL	ALTURA (mts)	DIMENSIONES (mts)	AREA m ²	VOLUMEN m ³	w/m ³	watts
PLATAFORMA	2.7	$2 \left[23.4 \frac{8.57}{2} + 3.2 \times 7.67 \right]$	375	1020	4	4,080

TOTAL - - - - - 4,100 watts

CUBIERTA DOBLE FONDO -

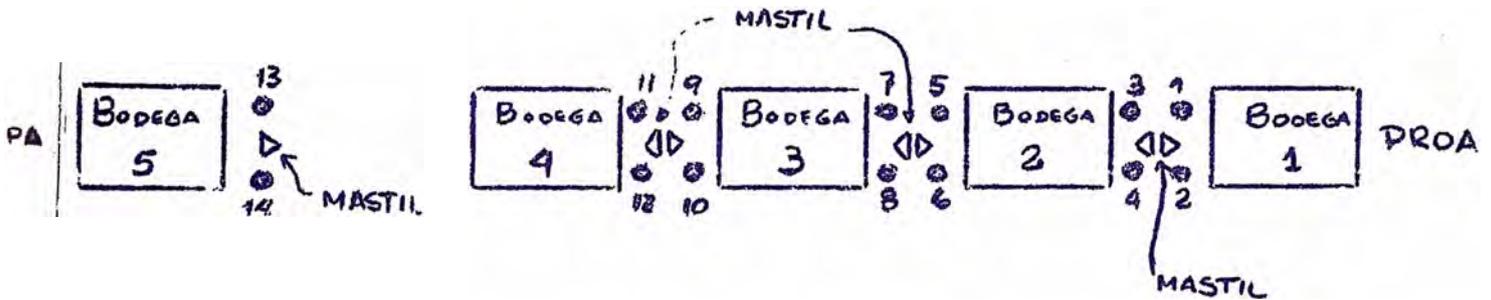
LOCAL	ALTURA (mts)	DIMENSIONES (mts)	AREA m ²	VOLUMEN m ³	w/m ³	watts
DOBLE FONDO	2.7	$2 \left[27.3 \times \frac{7+8}{2} + 4.9 + 1.9 \times 7 \right]$	465	1,265	4	5,060
TUNEL DEL EJE	2	30 x 2.7	81	162	5	810

TOTAL CUBIERTA DOBLE FONDO - - - - - \cong 6,000 watts.

ya que dispone de los planos de compartimentaje del buque (Plano 1E)

El cálculo se ha hecho por cubiertas como sigue:

Alumbrado escotillas de bodega:



El alumbrado de la cubierta de bodegas se consigue mediante proyectores de 500 W colocados en la parte superior de los mástiles del buque. Debido a que este buque tiene 4 mástiles la distribución más probable sería la mostrada en el esquema anterior, es decir colocando 14 proyectores de 500 watts, lo que nos da una potencia aproximada de 7,000 watts, para este fin.

Alumbrado Interior de Bodegas:

Las bodegas tienen una longitud aproximada de 11 metros, el método común de alumbrar cada compartimento de carga es colocar un punto de luz de 60 W cada 2.5 metros de longitud de la bodega, luego:

$$\frac{11}{2.5} = 5 \text{ puntos de } 60 \text{ W. por banda (5 a Er y 5 a Br).}$$

Luego por compartimento se tendrá $10 \times 60 = 600$ watts.

Como cada bodega tiene 3 compartimentos: $3 \times 600 = 1800$ w/bod

En el buque hay 5 bodegas: 5 bodegas x 1800 watts/bodega = 9,000 W.

El alumbrado interior de las bodegas consumirá aproximadamente 9,000 watts.

Resumiendo, las potencias aproximadas necesarias para el alumbrado serán:

Alumbrado Hotelería	25,000 watts
Alumbrado sala de máquinas	17,720 watts
Alumbrado bodegas y cubiertas	16,000 watts

4.2.- DETERMINACION DEL TIPO DE CORRIENTE Y DE LA TENSION A EMPLEAR EN EL ANTEPROYECTO.-

Como se analizó en el capítulo II, párrafo 2.4.13, son los consumidores de energía eléctrica, los que prácticamente determinan las características eléctricas de un Proyecto Naval. En el presente proyecto la manera de determinar el tipo de corriente se hará estudiando en forma general las características específicas de cada consumidor, y la conveniencia de alimentarlo con corriente continua o alterna.

Es de notar que los consumidores que se analizarán serán específicamente fines de fuerza y alumbrado, debido a que los pertenecientes al grupo de "Servicios especiales", por consumir una potencia escasa, si se le compara con los dos primeros grupos, poco o casi nada influyen en la decisión final.

Se empezará el estudio analizando a los consumidores de fuerza:

A1) Maquinaria de Cubierta.-

Este grupo está formado por los winches de carga, de botes, molinetes y cabrestantes. La potencia total de este grupo representa un porcentaje elevado de la total. Su característica predominante es la de trabajo a tracción, normalmente se diseñan estas máquinas para levantar y trasladar pesos de hasta 8 toneladas. El tipo de carga mecánica que representan a los motores eléctricos que los accionan, exigen un par de arranque elevado y velocidad regulable.

Por experiencia he comprobado que cuando estas máquinas son accionadas con corriente continua, normalmente lo hacen con motores tipo compound, su variación de velocidad la consiguen insertando resistencias en el circuito de armadura y se obtienen 5 velocidades bien definidas. Presentan el gran problema de necesitar bancos de resistencias especiales, las cuales se deterioran a menudo, además, que su tipo de control está constituido por una apreciable cantidad de relay's lo que ocasiona mayores gastos de mantenimiento.

Inútil sería comparar nuevamente las ventajas que sobre los motores de corriente continua tienen los motores trifásicos de inducción. La única desventaja que en mi concepto existe, es que con un motor de corriente continua se pueden obtener velocidades fijas a voluntad, mientras que con los motores de alterna solamente se pueden conseguir hasta cuatro velocidades fijas conmutando el número de polos. No obstante esto último, el ahorro que se consigue en peso, costo y gastos de mantenimiento mucho menores cuando se utilizan motores de inducción, compensa y desvirtúa su aparente desventaja de no tener más de cuatro velocidades de trabajo en ambos sentidos.

A2 y A3) Auxiliares de Propulsión y bombas de Servicios

En estos dos grupos la característica esencial es que trabajan a velocidad constante, salvo excepciones que más adelante se verán.

Como se ha dicho anteriormente la gran mayoría de los consumidores de estos dos grupos requieren velocidad constante, la aplicación en este caso del motor de inducción tipo jaula de ardilla no admite mayores dudas.

En cuanto a las excepciones que antes se habló, la constituyen las bombas de combustible (necesidad de regular el consumo de combustible), compresores de aire para lanzamiento de la maquinaria principal y viradores de los ejes de la máquina principal. Por ser pequeño este grupo en comparación con el total que lo constituye, se puede subsanar el defecto de los motores de inducción de no poseer velocidad continuamente regulable, colocando motores de inducción de 4 velocidades y motores trifásicos con rotor bobinado, con lo cual se compensa la ventaja de los motores de corriente continua.

A4 y A5) Frigorífica y Ventiladores.-

En cuanto a frigorífica los principales requerimientos que deben cumplir los motores son:

Alto par de arranque para el motor que accione el compresor y par de arranque normal para el que accione a la bomba de agua de refrigeración del condensador.

Los motores de accionamiento de los ventiladores deben cumplir el requisito de tener un mínimo de dos velocidades.

Con las características expuestas se concluye que el empleo de motores de inducción tipo jaula de ardilla no tiene ningún inconveniente al aplicarse.

A6) Cocina y Equipo Electrodoméstico.-

Todos los integrantes de este grupo, lo constituyen en su totalidad consumidores del tipo resistencia pura; por lo tanto es indiferente el empleo de uno u otro tipo de corriente. El análisis se inclina a favor del uso de la corriente alterna por el hecho de que todos estos equipos son comerciales y de aplicación en instalaciones terrestres, luego encontrar suministradores de ellos en corriente alterna es más fácil y económico, que mandar a fabricarlos para corriente continua.

B) INSTALACIONES DE ALUMBRADO.-

Para las instalaciones de alumbrado existen dos tipos de aparatos a utilizar: las lámparas incandescentes y las fluorescentes; comparemos las características de ambas: una lámpara fluorescente de 40 vatios emite un flujo luminoso de 2,000 lúmenes (según la sustancia luminiscente), para conseguir el mismo flujo luminoso con una lámpara incandescente son necesarios 150 vatios. Es evidente que las lámparas fluorescentes son mucho más eficientes. Ahora las lámparas fluorescentes pueden alimentarse con corriente alterna o continua, con la desventaja cuando trabajan en continua de necesitar una resistencia limitadora de voltaje en serie con el aparato,

dicha resistencia consume la misma potencia que el tubo instalado.

De lo expuesto se deduce que el emplear corriente alterna en instalaciones de alumbrado es lo más conveniente.

C O N C L U S I O N . -

De las características expuestas para los grupos (A1), (A2) (A3), (A4), (A5), (A6) y (B), en el presente Proyecto se utilizará corriente alterna, trifásica.

DETERMINACION DE LA TENSION Y FRECUENCIA. -

El uso de tensiones elevadas a bordo, como hemos visto en el capítulo II, trae como consecuencia el ahorro de peso en los conductores y de costos de instalación. En este proyecto se utilizará la máxima tensión recomendada por el "American Bureau" de U.S.A. que es el Clasificador del barco. De la tabla I vemos que los datos recomendados son 440 voltios para fuerza y 110 voltios obtenidos por medio de transformadores para el alumbrado y servicios. La frecuencia a utilizar será de 60 c/s debido a:

- En el Perú la frecuencia normalizada es c/s
- Todo buque al llegar puerto para realizar reparaciones recibe energía eléctrica de la red del puerto, siendo como antes se dijo la frecuencia normalizada en el Perú de 60 c/s, a la vez que es el tipo de frecuencia que se generaliza en Norte América y Europa.

4.3.- DETERMINACION DE LA POTENCIA Y DEL NUMERO DE GENERADORES DE LA PLANTA AUXILIAR.-

Como se explicó en el capítulo III, la potencia de la Planta generadora a instalar se determina realizando el balance eléctrico del buque. También se vio el número mínimo de hipótesis de carga, en el presente cálculo se emplearán también tres hipótesis, pero he escogido los tres casos en los cuales la planta eléctrica es sometida a mayor consumo, a la vez que son las tres hipótesis en las cuales un buque permanece por mayores lapsos de tiempo.

En primer lugar se determinarán los coeficientes de utilización para las diferentes hipótesis de carga de cada uno de los consumidores. Es de notar que, como se vio en el Capítulo III, el coeficiente de utilización es igual producto del factor de marcha con el factor de régimen y servicio. El factor de marcha es la relación entre el número de consumidores en funcionamiento y el total de los mismos que realizan idéntica función, por lo tanto, cuando exista un solo consumidor de una determinada especie el factor de marcha es la unidad. En cuanto al factor de servicio y régimen, los valores han sido tomados en su mayoría de las tablas de datos prácticos del American Bureau y el C.O.C.N. que han logrado compendiar valores experimentales producto de su experiencia naval.

4.3.1.- Determinación de los Factores de Utilización.-

1.- Maquinaria de Cubierta: Tabla "A"

A₁) En cuanto a los winches de carga se puede decir que en

TABLA = A FACTOR DE UTILIZACION DE LA MAQUINARIA DE CUBIERTA

DESIGNACION DE CONSUMIDORES	Nº de Aparatos a Bordo	1º Navegacion Normal				2º Maxima en Puerto				3º Maxima en Navegac.			
		Nº Aparatos en Marcha	Factor de Marcha	Factor Servicio y Reg.	Factor de Utilizacion	Nº Aparatos en Marcha	Factor de Marcha	Fact. Servicio y Regi.	Factor de Utilizacion	Nº Aparatos en Marcha	Factor de Marcha	Fact. Serv. y Regimen	Factor de Utilizacion
	N	n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr	Ku
WINCHE DE CARGA	16	0	0	0	0	16	1	0.425	0.425	0	0	0	0
AUXILIAR DE WINCHE	12	0	0	0	0	12	1	0.425	0.425	0	0	0	0
AUXILIAR DE WINCHE	4	0	0	0	0	4	1	0.425	0.425	0	0	0	0
AUXILIAR DE WINCHE	2	0	0	0	0	2	1	0.425	0.425	0	0	0	0
AUXILIAR DE WINCHE	1	0	0	0	0	1	1	0.425	0.425	0	0	0	0
PESCANTE DE BOTES	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLINETE ANCLAS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CABRESTANTE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SERVOMOTOR	2	1	0.5	0.3	0.15	0	0	0	0	2	1	0.3	0.3

la 1a y 3a hipótesis (Navegación Normal y Máxima en Navegación) nunca trabajan, es decir tiene factor de marcha cero, luego su factor de utilización también es cero.

En la 2a. hipótesis (Máxima en Puerto) se tomará la peor condición, es decir que la planta sea capaz de alimentar a todos los winches simultáneamente, luego se tiene un factor de marcha igual a la unidad. El factor de régimen y servicio de los winches se ha calculado con una fórmula práctica tomada del C.O.C.N que dice:

$$K_{sr} = \frac{1 + 0.3(n-1)}{n} \quad n = N^{\circ} \text{ de winches instalados}$$

en este caso $n = 16$

$$K_{sr} = \frac{1 + 0.3(16 - 1)}{16} = 0.34$$

Este factor es para el caso de corriente continua, pero en nuestro caso que es corriente alterna, tiene que modificarse por cuanto el trabajo de un winche es alternado, o sea un momento trabaja a plena carga y luego pasa al caso de vacío, siendo por esta razón la cual se le afecta del factor $1/0.8$ que es la inversa del factor de potencia medio de los motores trifásicos standards

$$K_{sr} = \frac{0.34}{0.8} = 0.425$$

A₂) Los auxiliares de winches se afectan de idénticos coeficientes que los winches, ya que su trabajo se realiza paralela y simultáneamente al trabajo de los winches, por lo cual se les denomina auxiliares de winches.

A₃) Los pescantes de botes por ser elementos cuyo uso se restringe a condiciones de emergencia (abandono de buque) se les ha afectado en todas las hipótesis de un factor de marcha, cero además su potencia puede ser fácilmente absorbida por los restantes auxiliares de cubierta en el caso de emergencia.

A₄) El molinete de anclas tiene un uso restringido a condiciones de fondeo del buque, es decir al tiempo que el buque espera su turno para ingresar al puerto. Como en el caso anterior la potencia del molinete no compromete a la planta generadora, ya que cuando trabaja el molinete los demás auxiliares de cubierta nunca lo hacen.

A₅) El cabrestante de maniobra se encuentra en las mismas condiciones que el anterior, su uso se limita al momento en que el buque se acodera al muelle, en esta maniobra tampoco funcionan los demás auxiliares y por lo tanto la potencia que consume se encuentra compensada por la del resto de auxiliares que permanecen inactivos.

A₆) Los motores de las bombas del servomotor o timón de gobierno del buque, no trabajan en la 2a. hipótesis (Máxima en Puerto) luego su factor de marcha es cero y su factor de utilización es

cero.

En la 1a. hipótesis (Navegación Normal) solamente trabaja una de las dos bombas, luego su factor de marcha es:

$$K_n = \frac{n}{N} \quad \begin{array}{l} n = 1 \\ N = 2 \end{array}$$
$$K_n = \frac{1}{2} = 0.5$$

El factor de regimen y servicio K_{sr} del servomotor debido a su intermitencia de trabajo (trabaja solamente cuando se gira el timón, es decir, cuando se varía el rumbo); a manera de una idea diré que el servomotor tendría un factor $K_{sr} = 1$ sólo en el caso de que el buque se encontrará describiendo trayectorias circulares, luego como el anterior caso es un extremo nunca efectuado con buen criterio se le afecta de un factor muy favorable igual a 0.3 para la peor condición. El factor de utilización $K_v = K_n \times K_{sr}$

$$K_v = 0.5 \times 0.3$$

$$K_v = 0.15 \text{ para la 1a. hipótesis}$$

En la 3a. hipótesis (Máxima en Navegación) el factor K_{sr} permanece inalterable, sólo varía el factor de marcha, es decir que en una emergencia se puede necesitar que el timón del buque haga una maniobra rapidísima en este caso se necesitaría que trabajen las dos bombas del servomotor. El factor:

$$K_n = \frac{n}{N} = \frac{2}{2} = 1 ; K_u = 1 \times 0.3 = 0.3 \text{ para la 3a. Hipótesis.}$$

2.- SISTEMA DE VENTILACION.-

Tabla "B"

En general un buque antes de construirse es clasificado en cuanto a la temperatura ambiente por la Sociedad correspondiente, en este caso el American Bureau. La temperatura ambiente que se elija servirá de base para efectuar los cálculos y diseños de toda la maquinaria y equipamiento que a bordo se instalen, este dato debe incluirse en todas las proformas, peticiones y especificaciones técnicas de compra que se hagan a los diferentes fabricantes de insumos a instalarse. El American Bureau clasifica al presente ante proyecto, como un Buque de Servicio No Restringido, es decir en el cual la temperatura ambiente puede llegar hasta 45°C, ejemplo por motivos de navegar en zonas tropicales. En conclusión el buque puede navegar por cualquier zona independiente de las condiciones climáticas que en ellas se presenten.

Por todo lo antes expuesto y colocándonos en el peor de los casos en cuanto a excesiva temperatura que se presente he escogido como factor de marcha general para el sistema de ventilación la unidad. Luego el factor de utilización K_u para el presente análisis será y dependerá del factor de regimen y servicio K_{sr}

B₁) Los ventiladores y el extractor de la sala de Máquinas se afectan de un factor $K_{sr} = 0.66$ asumiendo que trabajan las 2/3 partes del día y descansan en la noche que la temperatura baja.

TABLA = "B" FACTOR DE UTILIZACION DEL SISTEMA DE VENTILACION

DESIGNACION DE CONSUMIDORES	Nº de Aparatos a Bordo	1º Navegacion Normal				2º Máxima en Puerto				3º Máxima en Navegac.			
		Nº Aparato en Marcha	Factor de Marcha	Factor Serv. vicio y Reg.	Factor de Utilización	Nº Aparatos en Marcha	Factor de Marcha	Fact. Servi- cion y Regimen	Factor de Utilización	Nº Aparatos en Marcha	Factor de Marcha	Fact. Servi. y Regimen	Factor de Utilización
		N	n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr
VENTILADOR SALA DE MAQUINAS	3	3	1	0.66	0.66	3	1	0.7	0.7	3	1	0.85	0.85
EXTRACTOR SALA DE MAQUINAS	1	1	1	0.66	0.66	1	1	0.7	0.7	1	1	0.85	0.85
VENTILADOR BODEGA Nº 5 y 4	4	4	1	0.8	0.8	4	1	0.8	0.8	4	1	0.8	0.8
VENTILADOR BODEGA Nº 1, 2 y 3	5	5	1	0.8	0.8	5	1	0.8	0.8	5	1	0.8	0.8
VENTILADOR COMPARTIMIENTO CO ₂	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EXTRACTOR BAÑOS	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
EXTRACTOR COCINA	1	1	1	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8
EXTRACTOR DE PAÑOLES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VENTILADOR COCINA	1	1	1	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8
VENTILADOR LAVANDERIA	1	1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5

Luego $K_v = 0.66$ para la 1a. hipótesis (Navegación Normal); En la segunda hipótesis se asume un $K_v = 0.7$ en el caso de carga y descarga continua en muelle. Para la 3a. hipótesis (Máxima en Navegación) se ha asumido un factor $K_v = 0.85$ en vista de que al funcionar la máquina propulsora (Diesel) a máxima velocidad su disipación de calor y temperatura en la Sala de Máquina también aumentan, lo que trae como consecuencia el empleo de ventilación forzada durante mayor tiempo.

B₂) El factor de utilización K_v para la ventilación de bodegas es independiente de la hipótesis de carga que se considere, en otras palabras la condición más desfavorable la constituye el caso de que el buque transporte carga inflamable que necesita de refrigeración forzada en forma permanente; por este motivo se ha empleado el factor $K_v = 0.8$ para todas las hipótesis.

B₃) El ventilador del compartimento de CO₂ funciona en forma permanente en cualquier hipótesis por lo tanto su factor $K = 1$

B₄) Los extractores de baños y de pañoles de víveres también igual que el anterior cumplen una misión de servicio continuo e ininterrumpido, luego su factor K_v también es la unidad.

B₅) El extractor y ventilador de cocina tienen un trabajo casi permanente, ya que el compartimento de la cocina es pequeño y sin embargo tiene concentrada casi la totalidad de la potencia

de calefacción del buque (cocina, horno, horno de pan, calentadores de agua, etc.), por lo tanto la disipación de calor por medios, naturales es casi nula y debe mantenerse en circuito cerrado de ventilación y extracción forzada; por el anterior motivo el factor de utilización K_v para todas las hipótesis se asume en 0.8

B₆) El ventilador de la lavandería tiene un trabajo reducido exclusivamente al día por lo tanto el factor de utilización usual es 0.5 aproximadamente para cualquier hipótesis de carga.

C.- FACTOR DE UTILIZACION DE LOS AUXILIARES DE LA MAQUINA PRINCIPAL.-

Tabla "C"

C₁) Las bombas de refrigeración, aceite lubricante, refrigeración de agua dulce, refrigeración de inyectores y circulación de combustible están afectadas en las hipótesis de Máxima en Navegación y Navegación Normal de un factor de régimen y servicio $K_{sr} = 1$ mientras en la 2a. hipótesis de Máximo en puerto tienen un factor K_{sr} igual a Cero por no funcionar la máquina principal cuando el buque está acoderado a muelle. Lo que varía en ambas hipótesis de Navegación es el factor de marcha K_n , en Navegación normal solamente trabaja una de cada par de bombas luego $K_n = 0.5$ y $K_v = 0.5$; en Máxima en Navegación llegan a trabajar ambas bombas de cada par, luego $K_n = 1$ y $K_v = 1$

TABLA = "C" FACTOR DE UTILIZACION DE LOS AUXILIARES DE LA MAQUINA PRINCIPAL

DESIGNACION DE CONSUMIDORES	Nº de Aparatos a Bordo	1º Navegación Normal				2º Maxima en Puerto				3º Maxima en Navegac.			
		Nº Aparato en Marcha	Factor de Marcha	Fac. Ser. y Regi.	Fac. de Utiliza.	Nº Apar. en Marcha	Fac. de Marcha	Fac. Ser. y Regi.	Fac. de Utili.	Nº Aparat. en Marcha	Factor de Marcha	Fac. Ser. y Regim.	Factor de Utilizaci6n
		N	n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr
Bomba de refrigeración de pistones.	2	1	0.5	1	0.5	0	0	0	0	2	1	1	1
Bomba de aceite lubricante.	2	1	0.5	1	0.5	0	0	0	0	2	1	1	1
Bomba de refrigeración agua dulce.	2	1	0.5	1	0.5	0	0	0	0	2	1	1	1
Bomba refrigeración Inyectoras.	2	1	0.5	1	0.5	0	0	0	0	2	1	1	1
Bomba circulación de combustible.	2	1	0.5	1	0.5	0	0	0	0	2	1	1	1
Bomba de travesaño de Diesel Oil.	1	1	1	0.1	0.1	1	1	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3
Bomba de travesaño de Fuel Oil.	1	1	1	0.1	0.1	1	1	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3
Vicior del eje de la máquina principal.	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Agua de la Sala de Máquinas.	1	0	0	0	0	1	1	0.2	0.2	0	0	0	0
Compresor aire arranque tan. principal.	2	1	0.5	0.2	0.	1	0.5	0.3	0.4	1	0.5	0.3	0.1
Purificador del Fuel Oil.	2	1	0.5	0.3	0.4	0	0	0	0	2	1	1	1
Purificador del Diesel Oil.	1	1	1	0.3	0.3	1	1	0	0	1	1	1	1
Purificador del aceite de lubricación.	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Compresor de aire.	2	1	1	0.1	0.1	1	1	0.7	0.7	1	1	0.7	0.7

C₂) Las bombas de trasvase de Diesel Oil y Fuel Oil en todas las hipótesis tienen un factor de marcha $K_n = 1$. La variación radica en sus factores de Servicio y régimen K_{sr} . En las hipótesis de Navegación Normal $K_{sr} = 0.1$ para ambas, ya que, su trabajo es muy intermitente debido a que trabajan automáticamente por medio de un switch de nivel y como el consumo es normal por parte de la máquina principal, las bombas mantienen por largos periodos el nivel de sus respectivos tanques. En la hipótesis de Máxima en Puerto ambas bombas tienen un trabajo continuo bajo control manual, (no automático) que consiste en llenar los tanques desde el abastecedor de combustible del muelle, por ello su factor $K_{sr} = 0.8$ y $K_v = 0.8$. En la hipótesis de Máxima en Navegación el trabajo de las bombas es automático pero con una periodicidad muy alta (superior a la 1ª hipótesis) por dicho motivo su factor $K_{sr} = 0.8$ y $K_v = 0.8$.

C₃) El virador del eje de la máquina principal, solamente trabaja cuando se arranca la máquina principal, su finalidad es colocar a los pistones de la máquina en su posición precisa para el arranque neumático. Su factor de utilización para las tres hipótesis se hace igual a cero debido a que esta máquina trabaja por un periodo de tiempo pequeño y en el momento en que los demás auxiliares de mayor potencia se encuentran en reposo, por lo tanto su potencia es totalmente absorbida por el generador sin causar ningún compromiso.

C₄) La grúa de la sala de máquinas no trabaja en la 1a. y 3a. hipótesis por ello $K_v = 0$ en ambos casos. La grúa trabaja en puerto cuando se hacen reparaciones en la Sala de Máquinas, pero lo hace de una manera intermitente por ello $K_n = 1$, $K_{sr} = 0.2$ y $K_v = 0.2$

C₅) El compresor de aire de arranque de la máquina principal tiene en las tres hipótesis un factor de marcha $K_n = 0.5$, debido a que existen dos siendo uno de ellos de reserva. Su factor K_{sr} es igual a 0.2 para la 1a. hipótesis debido a que trabaja intermitentemente gobernado por un preséstate colocado en la botella de aire, rellenando las pérdidas de presión que se presentan en las líneas de aire comprimido. En la 2a. hipótesis su trabajo es continuo y manual, y consiste en llenar la botella a una alta presión adecuada para arrancar la máquina principal, luego $K_n = 0.5$, $K_{sr} = 0.8$ y $K_v = 0.4$. La 3a. hipótesis presenta factores idénticos a la 1a. por realizar el compresor de aire el mismo trabajo.

C₆) Los purificadores de Diesel, Fuel Oil y Aceite lubricante no trabajan en la 2a. hipótesis (Máxima en Puerto) ya que la máquina principal tampoco lo hace. El purificador de Fuel Oil tiene un factor de marcha $K_n = 0.5$ y de servicio $K_{sr} = 0.8$ en la 1a. hipótesis, luego $K_v = 0.4$. En la 3a. hipótesis $K_n = 1$ (trabajan ambos purificadores) y $K_{sr} = 1$, luego $K_v = 1$. Todo lo anterior debido a que la máquina tiene un mayor requerimiento de combustible purificado cuando navega a máxima velocidad.

los purificadores de Diesel Oil y lubricante presentan un factor de marcha $K_n = 1$ en la 1a. y 3a. hipótesis. Lo que varía es su factor de servicio K_{sr} que toma los valores de 0.8 y 1 respectivamente, por la misma razón que el purificador de Fuel Oil. Luego $K_v = 0.8$ y 1 para la 1a. y 3a. hipótesis.

C₇) El compresor de aire auxiliar sirve para llenar las botellas de aire de arranque de los grupos auxiliares. Su factor de marcha en las tres hipótesis es la unidad. Su factor de régimen y servicio también es constante en las tres hipótesis, debido a que el compresor trabaja automáticamente por medio de un presostato que lo gobierna. Por ello $K_{sr} = 0.7$ y $K_v = 0.7$

D.- FACTORES DE UTILIZACION DE LAS BOMBAS DE SERVICIOS Y CUBIERTA.-

Tabla "D"

Como se indica en la tabla D existen los siguientes consumidores cuyo factor de utilización $K_v = 0$, ellos son: la bomba de sentinas, de lastre y agua dulce N° 2.

El motivo fundamental en su intermitencia pero con periodos de tiempo mayores de un día, lo que origina que su potencia sea despreciada para fines del cálculo de la planta generadora.

Las bombas de servicio general y la de ledes tienen un trabajo semejante, su finalidad es la limpieza de las cubiertas y

TABLA = "D" FACTOR DE UTILIZACION DE LAS BOMBAS DE SERVICIOS Y CUBIERTA

DESIGNACION DE CONSUMIDORES	Nº de Aparatos a Bordo	1º Navegacion Normal				2º Maxima en Puerto				3º Maxima en Navegac.			
		Nº Aparato en Marcha	Factor de Marcha	Fac Ser y Regi	Fac. de Utilizacion	Nº Apar en Marcha	Fac de Marcha	Fac Ser y Regim	Fac. de Utiliza.	Nº Apar en Marcha	Fact. de Marcha	Fac. Ser y Regim	Fac. de Utiliza
		n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr	Ku
Bomba de agua y bodega.	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
Bomba de agua y bodega.	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
Bomba de servicio de Regi y Contrainc.	1	1	1	0.2	0.3	1	1	0.75	0.75	1	1	0.75	0.75
Bomba de agua.	1	1	1	0.3	0.3	1	1	0	0	1	1	0.3	0.3
Bomba de agua de 1.5".	2	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5
Bomba de servicio de agua.	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
Bomba de circulación de agua de mar.	1	1	1	0.5	1.0	1	1	0.5	1.0	1	1	0.5	1.0
Bomba de agua de 1.5".	1	1	1	0.5	0.5	1	1	1.0	1.0	1	1	1.0	1.0
Bomba de agua de 1.5".	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0

sentinas, por ello su trabajo es mayor cuando el buque se encuentra en puerto o cuando las condiciones del mar son desfavorables, lo que trae como consecuencia que el buque se ensucie en mayor proporción por la carga y agua de mar (que oxida las partes metálicas). Por ello se han asumido para la bomba de servicio general factores K_v de 0.3, 0.75 y 0.75; y para la bomba de lodos 0.3, 0 y 0.3 en cada hipótesis.

La bomba de agua salada es de funcionamiento eléctrico manual y su finalidad es la de servicio sanitario; por existir dos bombas que se alternan $K_n = 0.5$ y $K_{sr} = 1$, luego $K_v = 0.5$ para todas las hipótesis.

La bomba de aceite vegetal solamente trabaja cuando el buque carga aceite vegetal o aceite de pescado, luego $K_v = 0$ para la 1a. y 3a. hipótesis; en la 2a. hipótesis $K_v = 1$ constituye la condición más desfavorable (cargando o descargando el aceite en puerto).

Las bombas de circulación de agua caliente y agua dulce para servicios tienen un trabajo semejante y paralelo en todas las hipótesis, siendo su factor $K_n = 1$, se les afecta de $K_{sr} = 0.5$ luego $K_v = 0.5$

E.- FACTOR DE UTILIZACION DE FRIGORIFICA, AIRE ACONDICIONADO Y CARGA REFRIGERADA.- (Tabla E)

E_1) La planta frigorífica para víveres, carne, pescado, etc.; tiene un trabajo continuo independiente de la hipótesis de carga que se considere, por ello su factor $K_{sr} = 1$, los respectivos factores de utilización se indican en la tabla E.

E_2) La planta de aire acondicionado al igual que la anterior tiene factores de utilización independientes de la hipótesis que se considere, por ser el compresor de funcionamiento automático $K_v = 0.75$; para la unidad acondicionadora $K_{sr} = 1$ pero $K_n = 0.5$, luego $K_v = 0.5$ para cualquier hipótesis.

E_3) Los equipos portátiles de refrigeración llamados Containers, son esencialmente compresores con circuitos de refrigeración semejantes a una refrigeradora doméstica, pero de mayor potencia; su trabajo es automático. Su factor de marcha $K_n = 1$ y por su trabajo se le asigna un factor de régimen y servicio $K_{sr} = 0.75$, luego $K_v = 0.75$ para cualquiera de las tres hipótesis de carga.

F.- FACTOR DE UTILIZACION DE LA CALDERA Y TALLER MECANICO.- Tabla F

La caldera es del tipo automático, es decir tiene un programador electromecánico que recibe información de: una célula fotoeléctrica, termostatos, presostatos y reguladores potenciómetros de

**TABLA "E" FACTOR DE UTILIZACION DE LA MAQUINARIA FRIGORIFICA
AIRE ACONDICIONADO Y CARGA REFRIGERADA**

DESIGNACION DE CONSUMIDORES	Nº Aparatos a Bordo		1ª Navegacion Normal						2ª Maxima en Puerto				3ª Maxima en Navegac.			
	N	n	Factor de Marcha en Marcha	Kn	Fac. Ser y Regi.	Fac de Utilizacion	Nº Apar. en Marcha	Fac. de Marcha	Ksr	Ku	Fac. Ser y Regim.	Fac. de Utiliza.	Nº Apar. en Mar.	Fact. de Marcha	Fac. Ser y Regim	Fac de Utiliza
Motor del bus de refrigeración	1	1	0.5	1	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5
Motor de refrigeración del condensador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor de refrigeración del evaporador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor de refrigeración del evaporador	1	1	1	0.75	0.75	0.75	1	1	0.75	0.75	0.75	1	1	0.75	0.75	0.75
Unidad de refrigeración	2	1	0.5	1	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5
Refrigerador - Condensador	7	7	1	1	0.75	0.75	7	1	0.75	0.75	0.75	7	1	0.75	0.75	0.75
Refrigerador - Condensador	7	7	1	1	0.75	0.75	7	1	0.75	0.75	0.75	7	1	0.75	0.75	0.75

nivel. Todos estos elementos contribuyen a que el servicio de los motores sea automático e intermitente según el consumo de vapor que haga el buque. Por ello los factores K_{gr} son iguales a 0.5 para la 1a. y 2a. hipótesis, y 1 para la 3a. hipótesis o sea la de mayor consumo de vapor.

Las herramientas del taller tiene un uso esporádico y limitado a trabajos de emergencia que se hagan durante una navegación, por este motivo su factor de utilización en todas las hipótesis se hace nulo.

G.- FACTOR DE UTILIZACION DE LOS SERVICIOS DE COCINA, ELECTRODOMESTICOS Y CALEFACCION - Tabla G

Los consumidores de esta categoría son totalmente independientes de la hipótesis de carga que se considere, siendo su trabajo dependiente de la rutina del buque en cuanto a horario de comidas. Los diversos aparatos como se aprecia en la tabla G tienen factores de utilización K_v variables entre 0.2 y 0.8. Esta categoría es importante por ser cargas de tipo resistivo ($\cos \phi = 1$) que siempre se presentan y hay que tener en consideración para la selección del tipo de tensión a utilizar en un buque.

H.- FACTOR DE UTILIZACION DE CONSUMIDORES DE AYUDA A LA NAVEGACION.-

Tabla H

Los factores de régimen y servicio del radar, ecosonda,

TABLA = "G" FACTOR DE UTILIZACION DE LOS SERVICIOS DE COCINA Y CALEFACCION

DESIGNACION DE CONSUMIDORES	Nº Aparatos		1ª Navegacion Normal				2ª Maxima en Puerto				3ª Maxima en Navegac.				
	N	n	Factor de	Kn	Ksr	Ku	Nº Apar. en Marcha	Fac. de en Marcha	Marcha	Fac Ser. y Regl.	Fac. de Utilizaci6n	Nº Apar. en Marcha	Fac. de Marcha	Fac Ser. y Regim	Fac. de Utiliza
			Marcha												
Cocina.	1	1	1	1	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5
Horno.	1	1	1	1	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5
Horno de ma.	1	1	1	1	0.2	0.2	1	1	1	0.2	0.2	1	1	0.2	0.2
Reladora de papas.	1	1	1	1	0.2	0.2	1	1	1	0.2	0.2	1	1	0.2	0.2
Mesajera.	1	1	1	1	0.2	0.2	1	1	1	0.2	0.2	1	1	0.2	0.2
Asesorio de platos.	1	1	1	1	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5
Mavadora.	2	2	1	1	0.3	0.3	2	1	1	0.3	0.3	2	1	0.3	0.3
Lavabatera.	2	2	1	1	0.3	0.3	2	1	1	0.3	0.3	2	1	0.3	0.3
Calentador de agua.	3	3	1	1	0.7	0.7	3	1	1	0.7	0.7	3	1	0.7	0.7
Asesorio de pan.	4	4	1	1	0.2	0.2	4	1	1	0.2	0.2	4	1	0.2	0.2
Conservador de calor	4	3	0.75	1	0.75	1	3	1.75	1	0.75	1	3	1.75	1	0.75
Piedra.	1	1	1	1	0.3	0.3	1	1	1	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3
Asesorio de platos.	1	4	1	1	0.7	0.7	4	1	1	0.7	0.7	4	1	0.7	0.7

TABLA = "H" FACTOR DE UTILIZACION DE CONSUMIDORES DE
AYUDA A LA NAVEGACION

DESIGNACION DE CONSUMIDORES	Nº de Aparatos a Bordo	1º Navegacion Normal				2º Maxima en Puerto				3º Maxima en Navegac.			
		n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr	Ku	n	Kn	Ksr	Ku
ANFIF.	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	
DESCOMIDA.	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	
ESTACIONES Y IN- STRUMENTOS DE NAVEG.	4	2	0.25	1	1	1	0	0	2	1	0.5	0.5	
HELICOPEDRO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
INSTRUMENTOS DE NAVEG.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
LOCOR (O LA BORDA).	1	1	1	0.4	1	1	0.5	0.5	1	1	0.4	0.4	
COMANDANTE Y EQUIPO DE NAVEGACION	3	3	1	0.3	3	1	0.3	0.3	3	1	0.3	0.3	

estación de radio, girocompás y detector de incendios por disposición de la Sociedad Clasificadora deben afectarse de $K_{sr} = 1$ en todas las hipótesis en que el buque navega. Luego son cero en la 2a. hipótesis (Puerto), con la excepción del girocompás y el detector de humos que continúan con $K_{sr} = 1$, el primero por que se desorientaría si se le apaga en Puerto y el segundo por seguridad en casos de incendio.

El motor de la bocina tiene un trabajo intermitente en casos de niebla durante la navegación y como aviso durante sus entradas y salidas de puerto. Su factor de utilización $K_v = 0.4$ en la 1a. y 3a. hipótesis y 0.5 en la 2a. hipótesis.

Los equipos de comunicaciones interiores (teléfonos, etc., légrafos, timbres de llamadas y alarma, etc.) tienen un factor de utilización independiente de la hipótesis de carga, por ello debido a su intermitencia de trabajo se les afecta de $K_v = 0.3$ en todos los casos.

I.- FACTOR DE UTILIZACION DE LOS SERVICIOS DE ALUMBRADO Y CALEFACCION DE MAQUINAS.- Tabla I

Para los servicios de alumbrado y calefacción no rige el factor K_n de marcha, luego el factor de regimen y servicio K_{sr} es igual al factor de utilización.

En el caso del alumbrado de la hotelestería el factor K_v toma los valores 0.6, 0.8 y 0.9 para las tres respectivas hipótesis. El motivo de los altos valores del factor se debe a que el compartimentaje de un buque casi no tiene iluminación natural por las dimensiones reducidas de las ventanas (lumbreras), motivo por el cual aún durante el día es necesario tener iluminación artificial.

En el caso del alumbrado de la sala de Máquinas los factores K_v toman los valores 0.9, 0.8 y 0.9 para las respectivas hipótesis; en dicho compartimento el problema de iluminación natural es más desfavorable que el anterior, debido a que la Sala de máquinas no tiene ninguna entrada de luz natural.

El alumbrado de bodegas solamente se emplea durante la estadía del buque en puerto, es decir, solamente en la 2a. hipótesis (cuando hay maniobra de carga y descarga en puerto). En este caso el factor $K_v = 0.9$; en momentos de navegación (1a. y 3a. hipótesis) por convención se navega con las cubiertas a oscuras, solamente se encuentran funcionando las luces de navegación. Luego K_v es nulo en ambas hipótesis.

4.3.2.- BALANCE ELÉCTRICO.-

Una vez determinados todos los factores de utilización K_v del total de consumidores instalados, el siguiente paso consiste en efectuar el balance eléctrico de la instalación, que se muestra en el gráfico M.

BALANCE ELECTRICICO DEL PROYECTO

CONSUMIDORES	HIPOTESIS DE CARGA										
	POTENCIA UNITARIA EN H.P.	POTENCIA UNITARIA EN Kw	NUMERO DE UNIDADES INSTALADAS A BORDO	POTENCIA INSTALADA EN Kw	1ª HIPOTESIS NAVEGACION NORMAL		2ª HIPOTESIS MAXIMA EN PUERTO		3ª HIPOTESIS MAXIMA EN NAVEGACION		
					FACTOR DE UTILIZACION	POTENCIA EN Kw	FACTOR DE UTILIZACION	POTENCIA EN Kw	FACTOR DE UTILIZACION	POTENCIA EN Kw	
					Kw	Kw	Kw	Kw	Kw	Kw	
Winche de Carga	51	38	16	608	0	0	0,425	258	0	0	
Auxiliar de Winche	5,6	4,2	12	50,4	0	0	0,425	21,5	0	0	
Auxiliar de Winche	18	13,5	4	54	0	0	0,425	23	0	0	
Auxiliar de Winche	11,4	8,6	2	17,2	0	0	0,425	7,3	0	0	
Auxiliar de Winche	6,1	4,6	1	4,6	0	0	0,425	1,96	0	0	
escante de botes	5	3,675	2	7,35	0	0	0	0	0	0	
Solnete de Anclas	63	47	1	47	0	0	0	0	0	0	
abresante	51	38	1	38	0	0	0	0	0	0	
servomotor	32,2	24,3	2	48,4	0,15	7,3	0	0	0,3	18,6	
				174,95		7,3		311,76		14,6	
Ventilador sala de Máquinas	25	18,4	2	36,8	0,66	36,5	0,7	38,7	0,85	47	
Extractor sala de Máquinas	5	3,7	1	3,7	0,66	2,44	0,7	2,6	0,85	3,15	
Ventilador Bodegas N° 4 y 5	8,4	6,3	3	19,7	0,8	16	0,8	16	0,8	16	
Ventilador Bodegas N°s, 1, 2 y 3	1,5	0,87	2	3,7	0,8	16	0,8	18	0,8	18	
Ventilador Compartimento 20 2	1,15	0,87	1	0,87	1	0,87	1	0,87	1	0,87	
Extractor Baños	1,7	1,28	2	2,56	1	2,56	1	2,56	1	2,56	
Extractor cocina	2,3	1,73	1	1,73	0,8	1,4	0,8	1,4	0,8	1,4	
Extractor de Pañoles	1,7	1,28	1	1,28	1	1,28	1	1,28	1	1,28	
Ventilador de la cocina	1,7	1,28	1	1,28	0,8	1	0,8	1	0,8	1	
Ventilador de Lavandería	1,7	1,28	1	1,28	0,5	0,64	0,5	0,64	0,5	0,64	
				110,17		80,69		83,05		51,90	
Bomba de Refrigeración de sistemas	34	25	2	50	0,5	25	0	0	1	50	
Bomba de aceite lubricante	56	44,1	2	88,2	0,5	44,1	0	0	1	88,2	
Bomba de Refrigeración de agua dulce	64	47	2	94	0,5	47	0	0	1	94	
Bomba de Refrigeración de Inyectores	5	3,75	2	7,5	0,5	3,75	0	0	1	7,5	
Bomba de circulación de combustible	8	6	2	12	0,5	6	0	0	1	12	
Bomba de trasvase Diesel Oil	3,5	4,1	1	4,1	0,1	0,41	0,8	3,28	0,8	3,28	
Bomba de trasvase Fuel Oil	13	9,75	1	9,75	0,1	0,975	0,8	7,8	0,8	7,8	
Virador del Eje Máquina principal	12,5	9,38	1	9,38	0	0	0	0	0	0	
Grúa de la Sala de Máquinas	3	2,25	1	2,25	0	0	0,2	0,45	0	0	
Compresor de arranque de Máquina principal	60	45	2	90	0,1	0,9	0,4	36	0,1	9	
Purificador del Fuel Oil	5,5	4,1	2	8,2	0,4	3,28	0	0	1	8,2	
Purificador del Diesel Oil	7,5	5,6	1	5,6	0,8	4,5	0	0	1	5,6	
Purificador del aceite lubricante	7,5	5,6	1	5,6	0,8	4,5	0	0	1	5,6	
Compresor de aire Auxiliar	12,5	9,38	1	9,38	0,7	6,6	0,7	6,6	0,7	6,6	
				389,96		152,115		54,13		231,78	
Bomba de sentina y Puerto	34	25	1	25	0	0	0	0	0	0	
Bomba de sentina y Puerto	34	25	1	25	0	0	0	0	0	0	
Bomba de servicio general y contraincendio	60	45	1	45	0,3	15	0,75	33,8	0,75	33,8	
Bomba de lodos	3	2,25	1	2,25	0,3	0,67	0	0	0,3	0,67	
Bomba de agua salada	78	58,5	2	117	0,5	58,5	0,5	58,5	0,5	58,5	
Bomba de aceite vegetal	13	9,75	1	9,75	0	0	1	9,75	0	0	
Bomba de circulación de agua caliente	4	3	1	3	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	
Bomba de agua dulce N° 1	7,6	5,7	1	5,7	0,5	2,75	0,5	2,75	0,5	2,75	
Bomba de agua dulce N° 2	1,2	0,9	1	0,9	0	0	0	0	0	0	
				233,60		78,42		106,30		97,82	
Compresor de gas de la frigorífica	5	3,75	2	7,5	0,5	3,75	0,5	3,75	0,5	3,75	
Bomba de refrigeración del condensador	2	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	
Ventilador de la Cámara frigorífica	0,11	0,08	1	0,08	1	0,08	1	0,08	1	0,08	
Compresor de aire acondicionado	65	48,75	1	48,75	0,75	36,6	0,75	36,6	0,75	36,6	
Unidad acondicionadora	8	6	2	12	0,5	6	0,5	6	0,5	6	
Servicio Container N° 1	-	5,2	7	36,4	0,75	27,4	0,75	27,4	0,75	27,4	
Servicio Container N° 2	-	5,2	7	36,4	0,75	27,4	0,75	27,4	0,75	27,4	
				201,53		102,73		102,73		102,73	
Bomba de agua dulce	12,5	9,2	2	18,4	0,25	4,6	0,25	4,6	0,5	9,2	
Ventilador de tiro forzado	2	1,5	1	1,5	0,5	0,75	0,5	0,75	1	1,5	
Bomba de servicio de petróleo	1	0,75	1	0,75	0,5	0,375	0,5	0,375	1	0,75	
Calentador de petróleo	-	2	1	2	0,5	1	0,5	1	1	2	
Torno	3	2,25	1	2,25	0	0	0	0	0	0	
Paladro	2	1,5	1	1,5	0	0	0	0	0	0	
Generador	2	1,5	1	1,5	0	0	0	0	0	0	
Seguillo	2	1,5	1	1,5	0	0	0	0	0	0	
Máquina de soldar	-	11	1	11	0	0	0	0	0	0	
				40,40		5,725		5,725		11,450	
Cocina	-	23	1	23	0,5	11,5	0,5	11,5	0,5	11,5	
Horno	-	2,5	1	2,5	0,5	1,25	0,5	1,25	0,5	1,25	
Horno de pan	-	6	1	6	0,2	1,2	0,2	1,2	0,2	1,2	
Peeladora de papas	-	0,75	1	0,75	0,2	0,15	0,2	0,15	0,2	0,15	
Amasadora	-	0,375	1	0,375	0,2	0,075	0,2	0,075	0,2	0,075	
Ascensor de platos	-	0,75	1	0,75	0,2	0,15	0,375	0,5	0,375	0,375	
Lavadora	-	2	2	4	0,3	1,2	0,8	3,2	0,8	3,2	
Cafetera	-	2	2	4	0,3	1,2	0,5	2	0,5	2	
Calentador de agua	-	0,8	3	2,4	0,7	1,7	0,7	1,7	0,7	1,7	
Tostador de pan	-	0,5	2	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Conservador de calor	-	0,75	4	3	0,75	2,25	0,75	2,25	0,75	2,25	
Parrilla	-	0,75	1	0,75	0,3	0,225	0,3	0,225	0,3	0,225	
Estufas para calentar ambiente	--	1	4	4	0,7	2,8	0,4	1,6	0,7	2,8	
				32,525		23,92		25,725		26,325	
Radar	-	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
Espejeda	-	2,5	1	2,5	1	2,5	0	0	1	2,5	
Transmisores y receptores de radio	-	2	1(4)	2	0,25	0,5	0	0	0,8	2	
Hidrotampás	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Detector de incendios	-	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Votor de la bocina	-	3,7	1	3,7	0,4	1,48	0,5	1,85	0,4	1,48	
Comunicaciones interiores	-	4	-	4	0,3	1,2	0,3	1,2	0,3	1,2	
				16,2		9,68		5,05		10,18	
Alumbrado hotelaria	-	25	-	25	0,6	15	0,8	20	0,9	22,5	
Alumbrado Sala de Máquinas	-	17,72	-	17,72	0,3	16,2	0,8	14,4	0,9	16,8	
Alumbrado de Bodegas y cubierta	-	16	-	16	0	0	0,9	14,4	0	0	
Calentación de motores y generadores	-	10	-	10	0,2	2	0,9	9	0,2	2	
				68,72		33,2		67,8		40,7	
TOTAL EN KVA				2448		702		723		782	
TOTAL EN KVA con 0,7 de Eficiencia de la Instalación						670		1,032		930	

TABLA = "J" RESUMEN DE CONSUMOS DE POTENCIA DE LA MAQUINARIA ROTATIVA (Factor de Potencia = 0.8)

SISTEMA	POTENCIA INSTALADA EN KW	1ª HIPOTESIS NAVEGACION NOMAL POTENCIA EN Kw	2ª HIPOTESIS MAXIMA EN PUERTO POTENCIA EN Kw	3ª HIPOTESIS MAXIMA EN NAVEGACION POTENCIA EN Kw
Maquinaria de Cubierta	374.95	7.3	311.75	14.5
Ventilación	110.17	30.69	33.05	91.90
Auxiliares de la máquina principal.	339.96	152.115	54.13	291.73
Bombas para Servicios y Cubierta.	233.60	73.42	106.30	97.22
Planta frigorífica aire acondicionado, carga refrigerada.	201.53	102.73	102.73	102.73
Caldera y Taller Mecánico.	40.40	5.735	5.725	11.45
Total KW :	1,350.61	440.93	603.605	609.63
Total KW. con $\cos \varphi = 0.8$	1,310	535	630	762

TABLA = "K" RESUMEN DE POTENCIA DE TIPO RESISTIVO

SISTEMA	POTENCIA INSTALADA EN Kw	1ª HIPOTESIS NAVEGACION NOMAL POTENCIA EN Kw	2ª HIPOTESIS MAXIMA EN PUERTO POTENCIA EN Kw	3ª HIPOTESIS MAXIMA EN NAVEGACION POTENCIA EN Kw
Cocina, electrodomésticos y calefacción.	52.525	23.92	35.725	26.925
Sistema de ayuda a la Navegación.	16.2	3.53	5.05	10.13
Alumbrado y Calefacción Lámparas.	69.72	33.2	67.3	40.70
Total KW	137.445	60.3	93.575	77.995
Total MA a COS φ = 1	133	57	99	73

En las tablas J y K se ha realizado un extracto del Balance eléctrico, que nos indica las potencias consumidas por los diversos sistemas en cada hipótesis. En la tabla J se indica las potencias consumidas por cargas eléctricas sujetas a un valor de factor de potencia promedio igual a 0.8, en la última línea de dicha tabla se indica las potencias aparentes en KVA requeridas en cada hipótesis. La tabla K es el resumen de todos aquellos consumidores de tipo resistivo, es decir, que su factor de potencia es la unidad; luego los K_w equivalen a los KVA de potencia aparente. Las potencias aparentes, en KVA, totales en cada hipótesis se muestran en la tabla L. Ella se ha obtenido sumando los KVA de las tablas J y K, y al total se le ha afectado de un factor de 0.9 que equivale al rendimiento promedio de la instalación.

T A B L A L

	Potencia Instalada a bordo	1a. Hipótesis Navegación Normal	2a. Hipótesis Máxima en Puerto	3a. Hipótesis Máxima en Navegación
Total en KVA	2,448	602	929	840
KVA x 1/0.9	2,448	670	1,032	930

4.3.3.- DETERMINACION DEL NUMERO Y POTENCIA DE LOS GENERADORES A
INSTALAR EN LA PLANTA AUXILIAR.-

Como se dijo en el capítulo anterior mediante el balance eléctrico se determina la potencia eléctrica necesaria en la planta generadora en los diferentes estados o hipótesis de carga. Eligiendo la condición más desfavorable (máximo consumo de potencia) se habrá determinado la potencia mínima que deberá tener la planta generadora. Se dice mínima porque el cálculo realizado debe ser incrementado en un margen razonable, debido en primer lugar, a la consideración del pequeño margen que en todos estos cálculos debe tomarse, y en segundo a que, a lo largo del tiempo de vida útil del buque, la potencia instalada (consumidores) sufre constantemente pequeños pero continuos incrementos. Este margen a que me he referido generalmente viene compensado por la necesidad de atenerse a las potencias normalizadas que ofertan los fabricantes de grupos eléctricos.

Otro aspecto a considerar son las reglamentaciones del American Bureau of Shipping respecto a la planta generadora auxiliar. Entre las principales citaré las siguientes:

- Cuando la maquinaria principal o propulsora de un buque sea del tipo Diesel, la planta generadora o auxiliar también deberá corresponder a dicho tipo.

- En todos los buques en que la electricidad constituye el único medio de mantener los servicios auxiliares indispensables a su propulsión y seguridad, deberá estar provisto, como mínimo, de dos grupos electrógenos principales, de potencia tal, que pueda garantizarse el funcionamiento de dichos servicios en caso de parada de uno de los grupos.

Para cumplir con la última exigencia, es una práctica muy generalizada, el distribuir la potencia total necesaria a la condición de carga más desfavorable, en un número n de generadores de igual potencia, y de manera tal que $(n - 1)$ generadores puedan suministrar la antes mencionada potencia. Además corroborando lo antes dicho es buena práctica cuando la potencia más desfavorable sea mayor de 1000 KVA instalar a bordo un mínimo de 4 generadores, pudiendo elevarse el número, con la condición de que siempre quede uno de reserva para la condición más desfavorable.

En el presente Proyecto la condición más desfavorable representa una potencia de 1032 KVA, siguiendo el criterio generalizado que se mencionó corresponden para este fin 4 generadores, de tal forma que 3 de ellos trabajen en paralelo en la condición más desfavorable. La potencia de los generadores la he elegido suponiendo que para la peor condición trabajen tres generadores en paralelo pero a $3/4$ de su plena potencia (potencia nominal), matemáticamente sería:

$$0.75 P + 0.75 P + 0.75 P = 1,032$$

$$2.25 P = 1,032$$

$$P = \frac{1,032}{2.25}$$

$$P = 463 \text{ KVA}$$

P = Potencia nominal en KVA de cada generador.

Concluyendo, la planta generadora deberá estar constituida por 4 generadores iguales con una potencia mínima de 463 KVA. La potencia nominal definitiva será la que se determine en las peticiones de compra a los fabricantes de grupos electrógenos marinos, que tienen sus potencias normalizadas.

Antes de pasar a elegir definitivamente los generadores principales, sus costos de compra y de instalación; es necesario calcular la potencia de la planta de emergencia que se instalará a bordo.

4.3.4.- CALCULO DE LA POTENCIA DEL GENERADOR DE EMERGENCIA.-

El Reglamento de American Bureau of Shipping exige que los siguientes consumidores sean alimentados en caso de una emergencia:

a) Consumidores de Fuerza

Bomba contra incendio	60 HP ó	45 Kw
Compresor auxiliar	12.5 HP ó	9.38 Ww ó 14.5 KVA

b) Consumidores de alumbrado

Alumbrado sala de máquinas	5 Kw
Alumbrado de emergencia	5 Kw
Luces de navegación	1.5 Kw

c) Consumidores de Servicios especiales

Equipos de Radio	2 Kw
Radar	1 Kw
Girocompás	1 Kw
Ecosonda	2.5 Kw

Per convención el balance eléctrico para el generador de emergencia se realiza con un factor de utilización unidad y la potencia se determina sumando las potencias unitarias de todos los consumidores que deben funcionar simultáneamente.

La suma total de las potencias en caso de emergencia resulta ser $86.7 \cong 87$ KVA; luego ésta será la potencia del generador de emergencia; es importante resaltar que dicho generador deberá montarse en un compartimento especial y lo más lejano posible de la sala de Máquinas donde se encuentran instalados los generadores principales del buque.

4.4.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS SOBRE EL COSTO DE LAS PLANTAS GENERADORAS AUXILIAR Y DE EMERGENCIA.-

El último paso para la elección definitiva del tipo de grupos electrógenos a instalar en las plantas auxiliar y de emergencia, consiste en seleccionar definitivamente los grupos electrógenos que los diferentes fabricantes de acuerdo al doble punto de vista técnico y económico.

4.4.1- Selección del Tipo de Grupo a Instalar.-

En el párrafo 4.3 se determinó que la potencia aparente mínima de los generadores a instalar debía ser 463 KVA, el factor de potencia debe ser 0.8; en el párrafo 4.2 se halló que la tensión debía ser de 440 voltios, corriente alterna, trifásica 60 c/s. El tipo de excitatriz por conveniencia para el mantenimiento debe ser estático, con regulación automática de voltaje incorporado. La máquina prima del alternador debe ser del tipo Diesel, como lo indica la Sociedad de Clasificación. Entre las ofertas estudiadas resulta la más conveniente la enviada por la casa "ASEA VASTRAS DE SUECIA", MARINE ELECTRICAL EQUIPMENT DIVISION, con su tipo de grupo electrógeno GAD 103, tipo Diesel y cuyas características transcribo a continuación:

Tipo: G A D 103

Excitatriz: Estática y Autoregulada

Potencia Nominal: 475 KVA

Voltaje Nominal: 450 voltios, corriente alterna, trifásica

Frecuencia: 60 c/s

RPM : 450

N° de Polos: 16

Corriente Nominal: 609 amperios

Factor de Potencia: 0.8

Aislamiento: Clase B (130°C)

Capacidad de sobrecarga:

110% por 2 horas $\cos \phi = 0.8$

125% por 1/2 hora $\cos \phi = 0.8$

150% por 2 minutos $\cos \phi = 0.5$

Peso total (Diesel y alternador): 4,600 Kgs.

Además garantiza por escrito cumplir todas las normas de fabricación dictadas en los reglamentos de la C.E.I (Comisión Electrotécnica Internacional) y del A.B.S. (American Bureau of Shipping).

Su costo en precio CIF Callao equivale a \$ 49,500.00

En lo que se refiere al generador de emergencia oferta el siguiente tipo:

Tipo G A D 60

Diesel

Excitatriz: Estática y autoregulado.

Potencia Nominal: 120 KVA
Voltaje Nominal: 450 voltios, corriente alterna, trifásica.
Frecuencia: 60 c/s
RPM: 1,800
Número de Polos: 4
Corriente Nominal: 154 amperios
Factor de Potencia: 0.8
Aislamiento: Clase B (130°C)
Capacidad de sobrecarga:
110% por 2 horas cos ϕ = 0.8
125% por 1/2 hora cos ϕ = 0.8
150% por 2 minutos cos ϕ = 0.5
Peso total (Diesel y alternador): 1,700 Kgs.

Igual que el anterior presenta garantía escrita de la C.E.I y la A.B.S.

Su costo en precio CIF Callao equivale a \$ 13,600.

4.4.2.- VALORIZACION ESTIMATIVA DE LOS TRABAJOS DE INSTALACION Y MONTAJE DE LOS GENERADORES.-

Pasos a seguir en la instalación y montaje de los grupos electrógenos de la planta auxiliar:

1.- Confección de bases para el Motor Diesel y el Alternador (MARCA ASEA tipo GAD 108) en talleres.

- 2.- Trazado a bordo de la ubicación definitiva de los gru
pos.
- 3.- Instalación a bordo de las bases en sus respectivas
ubicaciones (fijación mediante soldadura).
- 4.- Traslado a bordo de los grupos electrógenos
- 5.- Alineamiento y determinación de alturas de los suple
mentos.
- 6.- Ajuste de los pernos de sujeción previa lecturas de
las flexiones en diferentes puntos de amarre.
- 7.- Instalación de tuberías y válvulas del sistema de a-
gua de refrigeración.
- 8.- Instalación de tuberías y válvulas del sistema de in-
yección de combustible.
- 9.- Instalación de tuberías del sistema de lubricación.
- 10.- Instalación de tuberías y válvulas para el sistema
de aire de arranque del grupo.
- 11.- Instalación de ductos del sistema de evacuación de
gases de escape.
- 12.- Instalación del sistema de alarmas (presión y tempe-
ratura).

13.- Instalación de los instrumentos de control (manómetros y pirómetros).

14.- Instalación del sistema eléctrico de gobierno de la frecuencia desde el tablero principal de distribución.

15.- Instalación y conexión del cableado alimentador de las barras del tablero principal a partir de los alternadores.

Recopilando la distribución de mano de obra expresada en hombres-día (H D) por pasos sería:

Pasos: 1 al 6	=	140 H D
7	=	30 H D
8	=	40 H D
9	=	25 H D
10	=	25 H D
11	=	45 H D
12	=	10 H D
13	=	10 H D
14	=	20 H D
15	=	60 H D

Total mano de obra Directa 405 H D x 250 $\frac{\text{soles}}{\text{H D}}$ = S/ 101,250

Mano de Obra indirecta (Ingenieros, dibujantes, técnicos) :

40 H D x 600 $\frac{\text{soles}}{\text{H D}}$ = S/ 24,000

Materiales (tuberías, solda
dura, ángulos, planchas de
fierro, cables eléctricos,
etc.). Costo aproximado en soles S/ 250,000

Costo total aproximado de la Instalación de Un Grupo

Electrógeno S/ 3 75,250

El costo total de instalar los cuatro grupos eléctricos
sería aproximadamente $4 \times 375,250 = S/ 1'501,000$

El valor completo de la planta auxiliar (Precio CIF Callao
de los grupos en soles más Costo de Instalación) sería:

$$VT = 49,500 \frac{\text{Dólares}}{\text{grupo}} \times 42 \frac{\text{soles}}{\text{dólares}} \times 4 \text{ grupos} + 1'501,000$$

$$VT = 8'316,000 + 1'501,000$$

$$VT = 9'817,000$$

Luego el valor total de la planta generadora equivale aproxima-
damente a S/ 9'817,000 soles.

En cuanto a la planta de emergencia el costo de instala-
ción del grupo equivale a un 40% del costo de instalación de un gru-
po principal, es decir:

Costo Instalación del

$$\text{grupo de emergencia} = \frac{40}{100} \times 375,250 = \$/ 150,100$$

El valor total de la Planta de Emergencia será igual a:

$$VT = (\text{Precio CIF-Callao del Grupo} + \text{Costo de Instalación}).$$

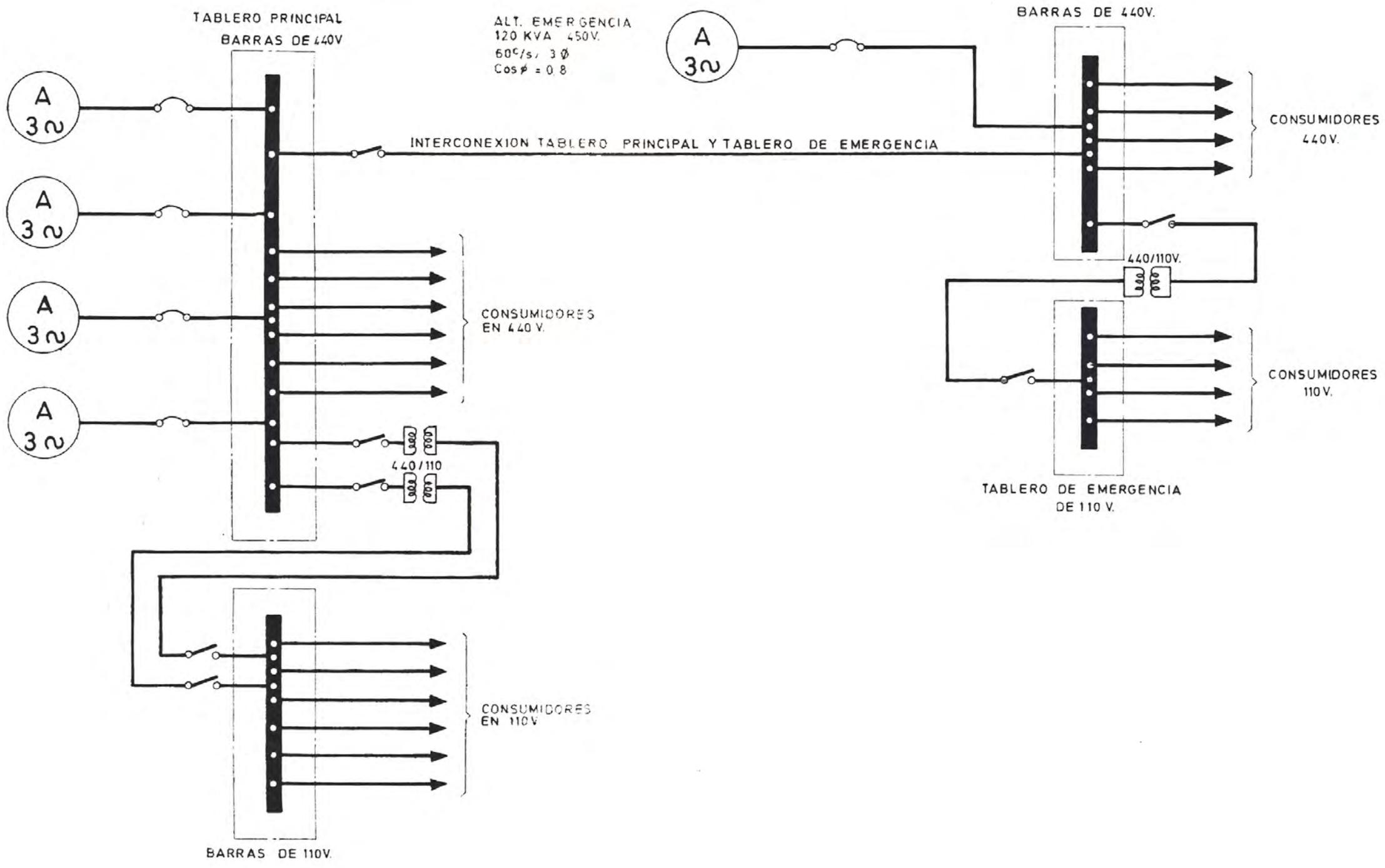
$$= 13,600 \text{ dólares} \times 42 \frac{\text{soles}}{\text{Dólar}} + 150,100 \text{ soles}$$

$$= (571,200 + 150,100) \text{ soles}$$

$$= \$/ 721,300$$

Finalmente el valor completo de las plantas auxiliar y de emergencia, en forma muy aproximada asciende a la suma de: 10'538,300 Soles.

4 ALTERNADORES
PRINCIPALES
475 KVA
450 V.
60 c/s
3 ϕ , cos ϕ =0.8



ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA AUXILIAR
Y DE EMERGENCIA

C O N C L U S I O N E S

De todo lo expuesto en el desarrollo del tema se pueden recoger las siguientes conclusiones:

- El empleo de corriente alterna en las instalaciones a bordo presenta las ventajas que se deducen del menor costo, peso y volumen de los generadores y motores, tanto mayores son las ventajas si los motores que se emplean son de rotor tipo jaula de ardilla. Perciben así mismo mayor seguridad y originan menores gastos de mantenimiento.

Por el contrario los motores accionados por corriente alterna producen pares de arranque menores que los de continua, y sobre todo presentan dificultades técnicas y económicas en cuanto a su regulación de velocidad. No obstante este inconveniente está en buena vía de solución con los controles electrónicos de frecuencia variable, que en la actualidad no constituyen la solución más económica pero es de esperar que en el futuro por la gran dedicación que los constructores de motores le brindan se convierta en la más adecuada.

- Las ventajas del empleo de corriente alterna a bordo son más adecuadas cuanto mayor es la potencia instalada.

-Dentro de una determinada potencia instalada, el empleo de corriente alterna es menos recomendable cuanto mayor sea la proporción de aquella absorbida por la maquinaria de cubierta. Quizas este último no constituye un obstáculo, debido a los modernos sistemas de

equipos eléctricos de cubierta que paulatinamente se generalizan en los buques de carga.

- Cuando se realiza un estudio sobre la conveniencia de emplear corriente continua o alterna en las instalaciones de a bordo, éste deberá ser más cuidadoso cuanto menor sea la parte de potencia instalada que se dedique al alumbrado.
- En los buques pequeños en general, y más aún en aquellos en que la instalación de alumbrado representa la mayor parte de la potencia, puede considerarse como conveniente el empleo de la corriente continua. La tensión de 110 voltios se limitaría a aquellos que la potencia de los generadores no exceda los 50^o ó 60 Kw.
- En buques medianos de carga o mixtos, si se emplea corriente continua la tensión de generación deberá ser 220 voltios. Si el criterio se inclina por corriente alterna, el valor de la tensión deberá ser trifásica a 440 voltios, ya que el empleo de tensiones trifásicas a 220 voltios con neutro accesible, aún estando muy generalizado en instalaciones terrestres, no es comúnmente empleado a bordo.
- En los buques de guerra, donde la maquinaria de cubierta está limitada al uso del molinete y cabrestante, se generaliza cada vez más el empleo de corriente alterna.

- En los petroleros propulsados eléctricamente, donde el generador principal sea de 2,300 voltios, la planta auxiliar deberá ser de 440 voltios, de tal manera que pueda accionar a las bombas de carga.
- Además, otra razón que justifica el mayor empleo de corriente alterna en petroleros, es que la maquinaria de cubierta en ellos (molinete, cabrestante) suelen ser accionados a vapor, con el propósito de disminuir los riesgos de incendios. Con lo cual se permite emplear corriente alterna en el resto de las instalaciones.
- En los grandes buques mixtos y trasatlánticos, las ventajas de emplear corriente alterna son más acusadas. En ellos la tensión a emplear es 440 voltios.
- En cuanto a la frecuencia a elegir en el caso de corriente alterna, se puede concluir que hasta hace pocos años los 50 c/s eran exclusivamente empleados en Europa; hoy en día sin embargo el empleo de 60 c/s se ha extendido. Porque de esta manera se obtienen los máximos ahorros como consecuencia de la disminución del cobre y aumento de la velocidad.

B I B L I O G R A F I A

- Reglamento del American Bureau of Shipping - Edición de 1969

- Reglamento del "Lloyd's Register of Shipping" - Edición 1966

- "Marine Electrical Practice" Libro escrito por G.O. Watson, editado por George Newnes Limited London en 1957.

- "A. C. Electrical Distribution for Ship's Auxiliares".- fo - lleto técnico de English Electric Marine División, Londres, Inglaterra.

- "Notas Técnicas sobre Electricidad Naval" .- Folleto técnico editado por el Departamento de Electricidad de la Empresa Nacional "BAZAN" de Construcción Naval, La Carraca, España.