

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

“Estudio para la Modernización de las Ayudas
Lumínicas Flotantes en el Golfo de Guayaquil
Usando Energía Solar Fotovoltaica.”

TESIS DE GRADO

**Previa a la Obtención del Título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

Especialización: ELECTRONICA

Presentada por:

GUSTAVO GABRIEL SANTOS DELGADO

Guayaquil - Ecuador

1986

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Ing. FREDDY VILLAO Q.
Director de Tesis, al Cuerpo
Docente de la ESPOL y al Ins-
tituto Oceanográfico de la
Armada, por su colaboración
para la realización de este
trabajo.

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

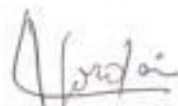
A MI NOVIA



ING. GUSTAVO BERMUDEZ FLORES
SUB-DECANO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA ELECTRICA.



ING. FREDDY VILLO QUEZADA
DIRECTOR DE TESIS



ING. CARLOS JORDAN V.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL



ING. CARLOS BECERRA E.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamentos de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPL).


.....
GUSTAVO G. SANTOS DELGADO

R E S U M E N

Este trabajo realiza el estudio y diseño de un sistema de alimentación para boyas empleando energía solar fotovoltaica.

Cabe mencionar que trabajos de esta magnitud no se han realizado hasta el momento en nuestro país, lo único que existe es una boya experimental llamada "Don Víctor" la cual se encuentra en el Puerto de Manta y fue instalada en 1.979. En la instalación de esta boya no se tomaron en cuenta todos los parámetros náuticos necesarios de acuerdo al medio en que iba a ser instalada, sino más bien se lo hizo con cálculos aproximados en base a experiencias obtenidas en otras regiones por la Compañía que realizó la instalación de la misma, por lo cual se tuvo que realizar ciertos cambios para adaptarlo a nuestro medio ambiente.

Es de notar que la Autoridad Portuaria de Guayaquil, realizó un estudio de factibilidad para la realización de un proyecto similar, basándose en las desventajas del uso del sistema de alimentación que poseen actualmente las boyas, pero sin llegar a concretar un plan para su realización.

Hay que considerar que el Instituto Oceanográfico de la Armada, es el encargado de la seguridad en la navegación marítima en nuestro país y que a su cargo está el 93% del Sistema de Balizamiento Marítimo, y como tal se encuentra interesado en modernizar su sistema de señalización náutica, por tres razones fundamentales a saber:

1. Por los problemas propios que conlleva la utilización de gas acetileno para el sistema de alimentación de una ayuda lumínica, esto es: reabastecimiento de los cilindros de gas, combustión del acetileno, etc.
2. La implantación del nuevo sistema de Balizamiento Marítimo aprobado por el IALA (Asociación Internacional de Señalización Marítima).
3. El costo de los equipos lumínicos a gas, el cual es muy elevado en los actuales momentos, considerando los materiales no corrosivos utilizados en todos sus componentes expuestos al medio ambiente.

Todo lo antes mencionado conlleva a resaltar la importancia de este proyecto, para el cual puede obtenerse el financiamiento de INOCAR y también de la Autoridad Portuaria de Guavaquil, la cual tiene a su cargo un gran número de bovas para la señalización náutica y que por lo

tanto requiera de un mejor rendimiento de las mismas.

Lo referente al estudio y diseño del sistema de alimentación para boyas, motivo de este trabajo, se detalla a continuación.

En su desarrollo se ha considerado primero aspectos generales relacionados con las ayudas a la navegación marítima, así como también lo relacionado al uso de la energía solar fotovoltaica.

Se realiza un análisis comparativo de las ventajas del uso de energía solar fotovoltaica con relación al sistema a gas para alimentación de boyas usado actualmente.

Se realiza un plan para la modernización de las ayudas lumínicas en el área del Golfo de Guayaquil, considerando las características que presentan actualmente, sus cambios y el nuevo sistema de Balizamiento Marítimo al cual debe regirse nuestro país.

Se evalúan las características y propiedades físicas de todo el sistema de alimentación de la boya, para proceder al diseño del mismo, usando los paneles, batería y linterna más apropiados que debe llevar de acuerdo a la configuración del sistema.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	IX
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE TABLAS	XII
INTRODUCCION	13
I. CAPITULO	32
LA ENERGIA SOLAR	32
1.1 Introducción	32
1.2 La Radiación Solar	33
1.3 La Célula Solar	45
1.4 Nociones Básicas sobre Generadores Fotovoltaicos.	54
II. CAPITULO	63
DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA ACTUAL ...	63
2.1 Descripción	63
2.2 Boyas con Sistemas Lumínico a Gas ...	68
2.3 Sistema de Balizamiento Marítimo	70
2.4 Tipos de Boyas y Balizas de Recalada a puertos y canales.	75
2.5 Utilización de linternas eléctricas con paneles solares en boyas, en comparación con las linternas a gas.	80
III. CAPITULO	84
PLAN DE MODERNIZACION	84
3.1 Objetivo	84

	Pág.
3.2 Cumplimiento del Sistema de Balizamiento Lateral-Cardinal del IALA. ...	85
3.3 Mejoramiento de los Parámetros Lumínicos.	90
3.4 Las Boyas Lumínicas utilizando paneles solares.	91
3.5 Plan Propuesto	92
IV. CAPITULO	103
FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO.	103
4.1 Introducción	103
4.2 Dimensionado de Paneles Solares	105
4.3 Dimensionado de la Batería	108
4.4 Especificaciones de las linternas eléctricas a utilizarse.	110
V. CAPITULO	118
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE LAS BOYAS LUMINICAS.	118
5.1 Configuración del Sistema	118
5.2 Montaje del Sistema de Alimentación de la Boya.	121
5.3 Diagrama Completo del Sistema	122
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
ANEXOS	126
BIBLIOGRAFIA	128

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

PARAMETROS BASICOS EN SEÑALIZACION NAUTICA.-

El objetivo primordial de la señalización náutica, es proporcionar los medios necesarios a los navegantes para que determinen su posición e indicarle los peligros mayores en las proximidades de las costas por medio de señales adecuadas, ya sean éstas radioeléctricas, sonoras o luminosas.

La posición o situación puede determinarse, ya sea en forma absoluta o relativa.

Se hablará de posición o situación absoluta de un buque, cuando por medio de observaciones oportunas se determina sobre la Carta Náutica el punto en que el buque se encuentra en el instante de hacer la observación.

Estamos hablando de posición o situación relativa, cuando se determina directamente y sin ayuda de aparato alguno, la situación del buque en relación con determinados obstáculos o accidentes de la costa o de los bajos marítimos.

Es importante aclarar que la necesidad de determinar la

posición, tiene lugar tanto de día como de noche, con lo cual se dá por entendido que la señalización náutica es una ayuda a la navegación de un modo permanente.

A continuación exponemos someramente los tipos de navegación o tráfico.

a) Navegación de Altura y Gran Altura:

Esta navegación determina su posición en ausencia total de toda referencia visual directa. Se sitúa con la ayuda de señales radioeléctricas.

b) Navegación de Cabotaje:

En este tipo de navegación, los buques también determinan su posición por medio de las señales radioeléctricas, pero dado que navegan con mucha frecuencia por aguas próximas a la costa se posicionan principalmente con la ayuda de una percepción directa de las señales existentes en la costa.

c) Navegación Pesquera:

Es aquella navegación en la que las embarcaciones de pesca utilizan imprescindiblemente la ayuda que pro-

cede de la visión directa de señales de corto alcance.

d) Navegación de Embarcaciones Menores y de Recreo:

Es aquella navegación que se realiza casi siempre en las inmediaciones de la costa, por este motivo se requiere de un balizamiento visual lo más amplio posible.

e) Navegación Interior:

Es la que se realiza en el interior de los puertos y de los ríos o en las inmediaciones de las bocas o estuarios, con tráfico de pasajeros como de carga.

En el presente estudio nos referiremos a las ayudas visuales lumínicas, concretamente al equipo lumínico propiamente dicho.

Las ayudas visuales lumínicas pueden ser fijas o flotantes. Entre las fijas tenemos a los faros y luces de puerto; las flotantes incluyen a las boyas.

Los faros son luces que se colocan en determinados puntos de la costa o de islas de una manera tal que puedan ser

reconocidas por los navegantes y determinen su situación o posición con relación a ellos y sobre las Cartas Náuticas.

Las luces de puerto son de características similares a las de las boyas, se las coloca en los morros de los diques de abrigo y en los extremos de los muelles, de una forma tal que un barco que entre o salga durante la noche, pueda reconocer fácilmente la ruta a seguir. También estas luces señalan los límites de las zonas dragadas o con calados determinados.

Las boyas que son de menor alcance lumínico que los faros, se disponen sobre torretas para señalar peligros para la navegación, ocultos o no, o para demarcar los márgenes de los canales navegables, puntos avanzados de la costa y puntos singulares próximos a las aguas navegables, en especial en la entrada de puertos donde no existen los faros.

A continuación destacaremos los parámetros más importantes que se necesitan considerar en la señalización náutica.

Características Lumínicas y Razón de Destello:

En la mayoría de los faros, la luz aparece rítmicamente, ya sea eclipsando el haz luminoso o ya sea mediante la revolución del aparato óptico. La característica lumínica es la reaparición rítmica de los destellos y de los eclipses, tal como es vista por un observador; el propósito del destello rítmico es el de incrementar la visibilidad de la luz y distinguirla de otras fuentes lumínicas.

Característica Lumínica Simple:

Es aquella que consiste de un destello y un eclipse, así por ejemplo, 0.6 segundos de destellos y 5.4 segundos de eclipse, durante un período P de 6 segundos, que en forma abreviada se escribe de la manera siguiente:

$$0.6 + \underline{5.4} = 6 \text{ segundos}$$

Característica Lumínica Doble:

Consiste de dos destellos separados por un eclipse corto y seguido por un eclipse más largo. Esta característica lumínica para un ejemplo concreto, se escribe así.

$$1.0 + \underline{1.5} + 1.0 + \underline{8.5} = 12 \text{ segundos}$$

La relación entre la duración del destello o destellos y el período total P es la llamada Razón del Destello R, este parámetro lo vamos a ilustrar con ejemplos. La razón de destello para la característica:

$$0.6 + \underline{5.4} = 6 \text{ segundos}$$

es:

$$R = 0.6 : \underline{6} = 1 : 10$$

y para la característica lumínica:

$$1.0 + \underline{1.5} + 1.0 + \underline{8.5} = 12 \text{ segundos}$$

es:

$$R = (1.0 + 1.0) : 12 = 1 : 6$$

El conocimiento de la razón del destello es muy importante para calcular el consumo de energía del equipo lumínico de un faro o de una boya.

Con el aparato óptico en revolución, la luz emitida es fija y la característica del faro o de la boya se logra al rotar el aparato óptico a una velocidad determinada.

Clasificación de las características lumínicas:

Cuando se determina la característica de una ayuda a la navegación, se deben tomar en cuenta algunas reglas con el fin de evitar la confusión con otras luces.

La característica lumínica de grupos de destellos no debe tener más de cuatro grupos por cada período. Los eclipses incluidos en los grupos pueden ser de la misma duración que los destellos; los eclipses finales de la característica lumínica deben ser tres veces la duración de los eclipses que separan los grupos. Esta regla no puede emplearse cuando las características son producidas por la rotación del aparato óptico, porque el eclipse final normalmente resulta igual que el eclipse entre grupos.

La duración del período de una característica determinada depende de las condiciones locales; en pasajes estrechos donde pueden ocurrir cambios de rumbo rápidos, deberán usarse períodos más cortos que en mar abierto donde los navegantes tienen más tiempo para identificar la luz y ajustar su rumbo. Para los pasajes estrechos, los faros del lado de babor deben tener características lumínicas con número par de destellos y exhibir una luz blanca o roja; los faros del lado de estribor deben tener un nú

mero impar de destellos y exhibir una luz blanca o verde.

Para faros de enfilación, la característica, debe ser determinada para que ambas luces puedan ser vistas simultáneamente; las luces eléctricas alimentadas desde una fuente de energía pueden ser sincronizadas si la distancia entre las luces no es demasiado grande; esta sincronización no se la puede conseguir con faros de enfilación que funcionan con gas, por lo tanto, es necesario determinar distintas características para las luces anterior y posterior. La luz anterior tendrá que exhibir por lo menos dos destellos durante el período de iluminación de la luz posterior.

La clasificación de características o ritmos de la luz es:

Luz de destellos simple:

$$0.3 + \underline{2.7} = 3 \text{ segundos}$$

Luz en la cual la duración del destello en cada período es más corto que la duración total del eclipse, siendo iguales la duración de los destellos de luz. Recomendación: el período no debe ser menor que dos segundos y no mayor que 20 segundos; duración de los destellos no mayo

res que un tercio de duración de los eclipses.

Luz de grupo de destellos:

$$0.5 + \underline{1.5} + 0.5 + \underline{1.5} + 0.5 + \underline{11.5} = 16 \text{ segundos}$$

Luz en la cual los destellos son combinados en grupos, cada uno incluyendo el mismo número de destellos y en la cual los grupos son repetidos con intervalos regulares. Recomendación: el período no debe ser mayor de 30 segundos; número de destellos en cada grupo, no más de cuatro, excepcionalmente cinco. Duración de los destellos no mayores que los eclipses que están separando destellos dentro del mismo grupo y no mayores que un tercio de duración de eclipses entre dos grupos sucesivos.

Luz de grupo compuesto de destellos:

$$0.5 + \underline{1.5} + 0.5 + \underline{6.0} + 0.5 + \underline{6.0} = 15 \text{ segundos}$$

Grupo de destellos en el cual los destellos son combinados en grupos alternos de diferentes números de destellos. Recomendación la combinación más compleja que se acepta es el grupo de destellos (2 + 1) o excepcionalmente (3 + 1).

Intermitente:

ASOCIACIÓN DE ESCUELAS DEL LITORAL
Comité de Instrucción Técnica
I. T. R. A. L. O. C. I. C. A.
Esc. No. _____

$$3.0 + \underline{3.0} = 6 \text{ segundos}$$

Destellos largos sencillos de duración igual al eclipse.
Recomendación: el período no menor de dos segundos y no mayor de 20 segundos.

Luz de ocultaciones:

$$6.0 + \underline{2.0} = 8 \text{ segundos}$$

Luz en la cual la duración total de luz en cada período es claramente más grande que la duración total de la ocultación, y en la cual los intervalos de las ocultaciones son de igual duración. Recomendación: el período no menor de 20 segundos y no mayor de 20 segundos; duración de las ocultaciones no mayores de un tercio de duración de intervalos de luz.

Grupo de ocultaciones:

$$8.0 + \underline{1.0} + 2.0 + \underline{1.0} = 12 \text{ segundos}$$

Luz en la cual las ocultaciones son combinadas en grupos, cada uno de los grupos incluye el mismo número de oculta

ciones y en la cual los grupos son repetidos en intervalos regulares. Recomendación: el período no más grande de 30 segundos; número de ocultaciones en cada grupo no mayores que la duración de intervalos de luz separados en el mismo grupo, y no mayores que un tercio de duración de intervalos de luz entre dos grupos sucesivos.

Destellos rápidos:

$$0.3 + \underline{1.7} = 2 \text{ segundos}$$

Destellos muy cortos que se suceden continuamente y que son de igual duración. Recomendación: duración de cada alternación no mayor que 2 segundos.

Código Morse:

$$1.5 + \underline{0.5} + 0.5 + \underline{0.5} + 11.5 = 15 \text{ segundos}$$

Destellos y eclipses de duración desigual que producen una letra del Código Morse. Recomendación: el período no mayor de 30 segundos.

Todas las recomendaciones antes anotadas, son basadas en las que emiten la Asociación Internacional de Señalización Marítima, "AISM", y por la Oficina Hidrográfica Internacional "OHI".

Continuando con el enunciado de los parámetros, ahora mencionaremos los indispensables que se requieren considerar para diseñar una ayuda lumínica a la navegación marítima.

Alcance Geográfico:

Es la distancia máxima a la que se puede ver un faro en condiciones de perfecta visibilidad, limitada sólo por la curvatura de la tierra; el alcance geográfico se lo expresa en millas náuticas. El alcance geográfico puede ser calculado según la fórmula:

$$X = 2.08 (\sqrt{h_e} + \sqrt{h_l})$$

donde:

X = la distancia de la fuente de luz al observador en millas náuticas.

h_e = la altura del observador en metros

h_l = la altura de la luz en metros, y

2.08 = constante que incluye un coeficiente de refracción de 1.08.

Valores típicos para el alcance geográfico se muestran en la Tabla N^o - 1.

TABLA N° 1
ALCANCE GEOGRAFICO

ALTURA DE LA LUZ SOBRE EL NIVEL DEL MAR (Mts.)	ALTURA DEL OBSERVADOR SOBRE EL NIVEL DEL MAR				
	CERO	5 Mts.	8 Mts.	11 Mts.	15 Mts.
3.0	3.6	8.3	9.5	10.5	11.7
5.0	4.7	9.3	10.5	11.6	12.7
7.0	5.5	10.2	11.4	12.4	13.6
10.0	6.6	11.2	12.5	13.5	14.6
15.0	8.1	12.7	13.9	15.0	16.1
20.0	9.3	14.0	15.2	16.2	17.4
30.0	11.4	16.0	17.3	18.3	19.4
40.0	13.2	17.8	19.0	20.1	21.2
50.0	14.7	19.4	20.6	21.6	22.8
60.0	16.1	20.8	22.0	23.0	24.2
70.0	17.4	22.1	23.3	24.3	25.5
80.0	18.6	23.3	24.5	25.5	26.7
90.0	19.7	24.4	25.6	26.6	27.8
100.0	20.8	25.5	26.7	27.7	28.9

Convencionalmente, para calcular el alcance geográfico de una ayuda a la navegación, se considera una altura del observador sobre el nivel del mar de 5 metros.

Alcance Lumínico Nominal:

Es la distancia máxima a la que puede ser vista una luz en tiempo claro (visibilidad metereológica de 10 millas náuticas, que corresponde a un factor de transmisión atmosférica de $T = 0.74$).

Alcance Lumínico Efectivo:

Es la distancia máxima a la que puede ser vista una luz cuando la visibilidad metereológica es de 20 millas náuticas, que corresponde a un factor de transmisión atmosférica de $T = 0.85$.

Valores típicos que ilustran estos parámetros, se muestran en la Tabla N^o 2.

Intensidad Lumínica:

La intensidad lumínica de un rayo de luz blanco estacionario medido directamente del lente, es llamada la INTENSIDAD ESTACIONARIA (I_0). Cuando la luz está girando o

TABLA N° 2
ALCANCE LUMINICO EFECTIVO

INTENSIDAD EN CANDELA	ALCANCE (mn)		INTENSIDAD EN CANDELA	ALCANCE (mn)		INTENSIDAD EN CANDELA	ALCANCE (mn)	
	T 0.74	T 0.85		T 0.74	T 0.85		T 0.74	T 0.85
1	1.0	1.1	100	5.4	6.9	1900	10.7	14.3
2	1.4	1.5	110	5.5	7.1	2000	10.8	15.5
3	1.6	1.8	120	5.6	7.2	2200	11.0	15.8
4	1.8	2.1	130	5.8	7.4	2400	11.2	16.1
5	2.0	2.3	140	5.9	7.6	2700	11.4	16.5
6	2.2	2.4	150	6.0	7.8	3000	11.7	16.9
7	2.3	2.6	160	6.1	8.0	3500	12.0	17.5
8	2.4	2.7	170	6.2	8.1	4000	12.2	17.9
9	2.5	2.9	180	6.3	8.3	5000	12.7	18.8
10	2.6	3.0	190	6.4	8.4	6000	13.1	19.5
11	2.6	3.1	200	6.5	8.5	7000	13.5	20.0
12	2.7	3.2	220	6.7	8.8	8000	13.8	20.5
13	2.8	3.3	240	6.8	9.0	9000	14.1	21.0
14	2.9	3.4	270	7.0	9.3	10000	14.3	21.4
15	3.0	3.5	300	7.2	9.6	15000	15.2	23.0
16	3.1	3.6	330	7.3	9.8	20000	15.9	24.1
17	3.2	3.7	360	7.5	10.0	30000	16.8	25.8
18	3.2	3.8	400	7.7	10.4	40000	17.5	27.0
19	3.3	3.9	450	7.9	10.6	50000	18.1	38.0
20	3.3	4.0	500	8.1	11.0	70000	18.9	29.4
25	3.6	4.3	550	8.2	11.3	100000	19.8	31.0
30	3.8	4.6	600	8.4	11.6	150000	20.8	32.8
35	4.0	4.8	650	8.6	11.8	200000	21.5	34.1

ALCANCE LUMINICO EFECTIVO

INTENSIDAD EN CANDELA	ALCANCE (m)		INTENSIDAD EN CANDELA	ALCANCE (m)		INTENSIDAD EN CANDELA	ALCANCE (m)	
	T 0.74	T 0.85		T 0.74	T 0.85		T 0.74	T 0.85
40	4.1	5.1	700	8.7	12.0	300000	22.6	35.9
45	4.3	5.3	800	8.9	12.4	400000	23.3	37.2
50	4.4	5.5	900	9.2	12.8	500000	23.9	38.3
55	4.6	5.7	1000	9.4	13.2	700000	24.8	39.9
60	4.7	5.8	1100	9.6	13.5	1000000	25.7	41.1
65	4.8	6.0	1200	9.8	13.8	1500000	26.8	43.5
70	4.9	6.1	1300	9.9	14.1	2000000	27.6	44.9
75	5.0	6.2	1400	10.1	14.3	3000000	28.6	46.8
80	5.1	6.4	1500	10.2	14.5	4000000	29.4	48.2
85	5.2	6.5	1600	10.3	14.7	5000000	30.0	49.4
90	5.3	6.7	1700	10.5	15.0	7000000	31.0	51.0
95	5.4	6.8	1800	10.6	15.2	10000000	31.9	52.8

es eclipsada, la máxima intensidad momentánea del destello no es apreciado por el ojo. El valor reducido se conoce como la INTENSIDAD APARENTE (I_a), que puede ser calculada por medio de la fórmula de Blondel-Rey:

$$I_a = \frac{t}{a + t} I_o$$

Donde:

I_a = intensidad aparente en candelas

I_o = intensidad estacionaria en candelas

a = 0.15 para luces giratorias, 0.10 para luces eclipsadas, en segundos.

t = duración del destello en segundos

Es necesario aclarar que la unidad internacionalmente aceptada para la intensidad lumínica es la Candelita (cd).

Cuando la luz pasa a través de un filtro de color o a través de los cristales externos de una linterna, las pérdidas son incrementadas. Después de tomar en cuenta todas las pérdidas, la intensidad resultante es conocida como la intensidad efectiva (I_e), y ésta es la que determina el alcance lumínico de una luz, así:

$$I_e = I_a \times b \times c$$

Donde:

b = factor de transmisión del filtro de color. Valores típicos son: 0.25 (rojo y verde) y 0.4 (luz ámbar o amarilla). $b = 1$ cuando no hay filtro.

c = factor de transmisión de los cristales externos. Valores típicos son: 0.8 (vidrio), 0.9 (plástico).

Factor de Transmisión Atmosférica:

La atmósfera absorbe parte de la energía luminosa emitida por una fuente de luz y la magnitud de esa absorción depende de las condiciones atmosféricas prevalencientes. El factor de transmisión (T) indica la transmisión de luz por millas náuticas a través de la atmósfera.

Para $T = 0.74$ significa que el 74% de la intensidad se conserva cuando un rayo de luz ha pasado una distancia de una milla náutica a través de la atmósfera, y consecuentemente, las pérdidas por absorción son del 26%.

La Tabla N° 3 da una visibilidad metereológica aproximada para varios valores de T.

TABLA N° 3: VISIBILIDAD METEREOLÓGICA

FACTOR T	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
Visibilidad (mm)	1.3	1.8	2.5	3.2	4.3	6.0	8.5
FACTOR T	0.74	0.80	0.85	0.90	1.00		
Visibilidad (mm)	10.0	14.0	20.0	29.0	00		

CAPITULO I

LA ENERGIA SOLAR

1.1 INTRODUCCION.-

Debido a la acentuada escasez de recursos energéticos y a su elevado costo, se ha optado por buscar nuevas fuentes de energía para solucionar este problema, teniendo como resultado que la energía proveniente del Sol, al ser un punto inagotable, y considerando que el costo es prácticamente nulo, representa la mejor opción.

En la última década se ha experimentado mucho con la energía solar fotovoltaica en diversas áreas, tales como comunicaciones, viviendas, etc.

La aplicación de la energía solar en las boyas de navegación motivo de este estudio, ha tenido gran acogida, debido a su fácil mantenimiento, necesidades de potencia bajas y alta confiabilidad.

Lo antes mencionado nos lleva a considerar ciertos aspectos relacionados con el uso de la energía solar

fotovoltaica que nos van a servir para un mejor en tendimiento del presente estudio, tales como radiación, célula solar, etc.

1.2 LA RADIACION SOLAR.-

El Sol es una potentísima fuente de energía, con un flujo radiante de 3.8×10^{26} W equivalente a una den sidad de 62,5Mw por cada m^2 de superficie solar.

Sin embargo de esta emisión solar la Tierra, en su superficie apenas llega a captar 1 Kw/ m^2 , debido a la distancia a que se encuentra del Sol. Esta limi tación distingue la energía solar de otras fuentes energéticas cuyo suministro puede variarse. En los sistemas solares la máxima energía disponible sólo puede modificarse a costa de un cambio de tamaño.

Por estas propiedades, para el diseño de sistemas de energía solar, se hace imprescindible una carac terización de la radiación disponible bajo diversas condiciones atmosféricas.

Otra característica de la radiación solar es su com plejidad interna. Siendo la radiación una manifes tación electromagnética de la energía, la solar pre senta una amplia distribución espectral, bastante pa recida a la de emisión de un cuerpo negro.

Los sistemas de conversión directa de la energía solar pueden ser de dos tipos: térmicos y fotovoltaicos. Los térmicos son muy poco sensibles al detalle de la distribución espectral. Por el contrario la conversión fotovoltaica si es sensible a la distribución espectral hasta el punto de que cada material fotovoltaico se caracteriza por una banda típica de radiaciones que pueden ser parcialmente convertidas, con mayor o menor rendimiento, pero fuera de la cual el rendimiento de conversión es nulo.

A continuación exponemos en forma breve los conocimientos actuales sobre la radiación solar.

1.2.1 La Radiación Solar Extraatmosférica.-

Al nivel terrestre tanto la irradiancia solar total como su distribución espectral varían de manera complicada y a veces aleatoria. Las causas son evidentes: Al atravesar la atmósfera los rayos solares son a la vez parcialmente absorbidos y dispersados. El espesor efectivo de atmósfera que los rayos solares deben atravesar varía en función del movimiento aparente del sol sobre la bóveda celeste. También varía la posición de la atmósfera de

unos días a otros e incluso de unos instantes a otros. Añadamos por último la aleatoriedad en la existencia o no de nubes y en las características de éstas.

Por ello los datos de referencia de la radiación solar suelen establecerse para las condiciones de distancia media Sol-Tierra. Estos datos son la llamada constante solar y su distribución espectral.

1.2.1.1 La Constante Solar.-

Se entiende por constante solar la irradiancia sobre una superficie orientada normalmente a la dirección de los rayos solares y situada fuera de la atmósfera terrestre a la distancia astronómica unidad ($1,495 \cdot 10^{11}$ m, distancia media Sol-Tierra).

El valor admitido por la ASTM (American Society of Testing and Materials) es:

$$G_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2$$

1.2.1.2 Distribución Espectral.

La distribución espectral de la constante solar, según ASTM, se representa gráficamente en la Figura 1. En ella podemos destacar la existencia de un máximo para longitudes de onda en torno a los 460 nm y que en el intervalo 0-1 μm (que corresponde a las radiaciones que pueden ser convertidas por el Silicio) la irradiancia integrada representa aproximadamente el 75% del total.

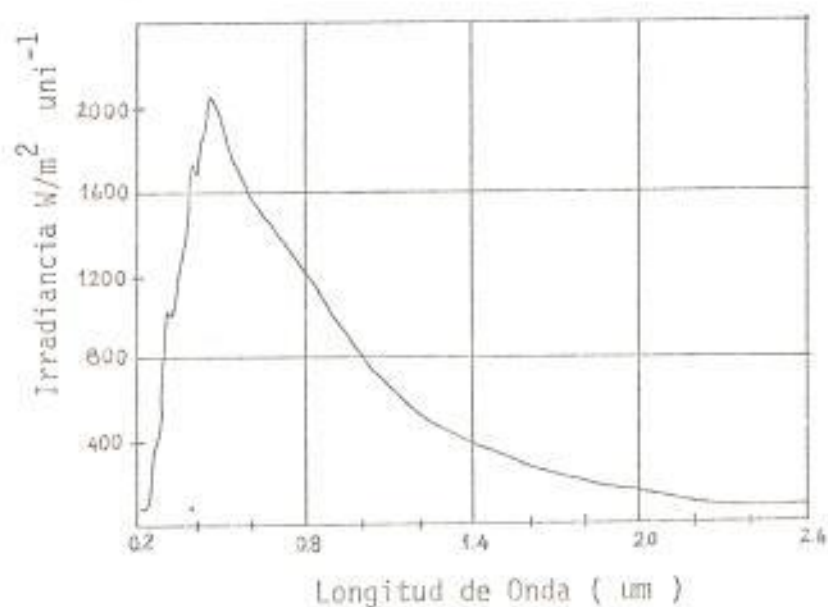


FIGURA 1 . IRRADIANCIA ESPECTRAL EXTRAATMOSFERICA.

1.2.2 Atenuación y Dispersión Atmosférica.

Los componentes atmosféricos en parte absorben y en parte dispersan la radiación. El resultado de estos efectos es la descomposición de la radiación solar incidente sobre un receptor horizontal en dos componentes principales.

Componente Directa:

Constituida por los haces de rayos transmitidos y más o menos atenuados que se reciben en línea recta con el Sol.

Componente Difusa:

Procedente de todo el hemisferio cenital excluido el disco solar y debida a la luminosidad del cielo producida por todos los rayos no directos dispersados por la atmósfera en la dirección del receptor.

El balance energético se completa con dos componentes adicionales, pérdidas para el receptor, como son la parte absorbida por la

atmósfera y la componente devuelta por retrodispersión al espacio exterior.

Las componentes directa y difusa de la radiación solar, pero especialmente la primera dependen, aparte de las condiciones atmosféricas, de la posición relativa del Sol respecto del receptor en cuanto posiciones diferentes significan espesores distintos de atmósfera que los rayos solares deben atravesar para llegar al receptor.

Teniendo presentes estas ideas previas a continuación se detallan los efectos atmosféricos más importantes y al modo de proceder para determinar los niveles de radiación solar y su distribución espectral al nivel del suelo.

1.2.2.1 Definición de la Posición del Sol.-

En Astronomía se usan diferentes tipos de coordenadas para definir las posiciones de los astros sobre la esfera celeste y sus movimientos aparentes en relación con la tierra:

Topocéntrica, geocéntricas, horizontales, ecuatoriales, eclípticas, galácticas y heliocéntricas ecuatoriales, eclípticas y adicionalmente coordenadas geográficas para definir un punto sobre la superficie terrestre.

En lo que respecta a la energía solar, el sistema más apropiado suele ser el de coordenadas horizontales. En este sistema el origen se sitúa en la posición del receptor. El plano fundamental es el horizontal. La perpendicular a este plano en dirección a la semiesfera celeste superior define la posición del cenit del lugar. En la dirección opuesta se sitúa el nadir. Las direcciones principales sobre el plano horizontal son la norte-sur y la perpendicular a ella este-oeste. Respecto a este sistema la posición del sol se define mediante los ángulos de acimut (medido sobre el plano horizontal) y altura o su complementaria distancia cenital (medidos sobre el plano vertical que pasa por el sol y por la

línea cenit-nadir. Una muestra de lo expuesto anteriormente se muestra en la Figura 2.

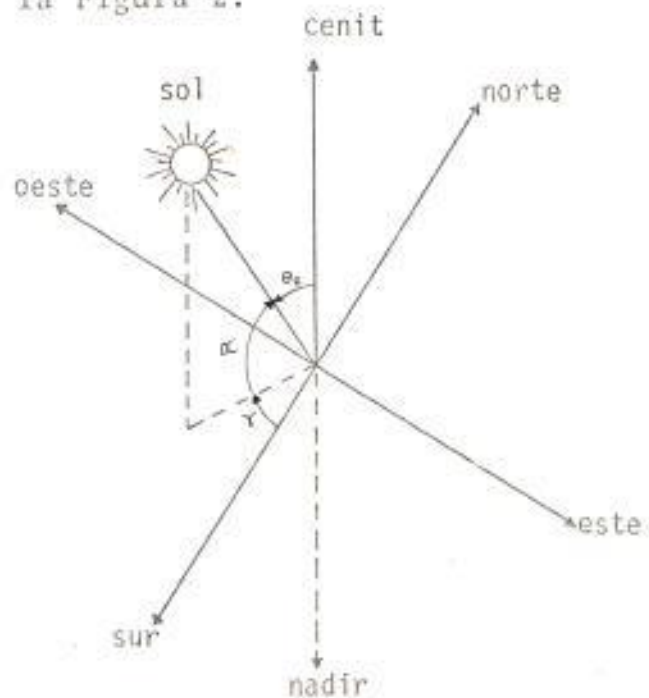


FIGURA 2 . ILUSTRACION DE LOS ANGULOS DE ACIMUT, ALTURA Y DISTANCIA CENITAL.

Altura: α

Angulo de elevación del sol sobre el horizonte. Positivo (0 a 90°) del horizonte hacia el cenit. Negativo (inválido para aprovechamiento solar) hacia el nadir.

Distancia Cenital: θ_z

Complementario del anterior. Posi-

tivo (0 a 180°) desde el cenit hacia el nadir.

Acimut: γ

Angulo que forma la proyección del sol sobre el plano del horizonte con la dirección sur. Positivo (0 a 180°) hacia el oeste, negativo (0 a -180°) hacia el este.

Aunque estas definiciones no cumplen la ley de la mano derecha de los triédros, corresponden más adecuadamente al sentido observado del movimiento aparente del sol.

1.2.2.2 Número de Masa de Aire.-

Para caracterizar de algún modo el efecto que tiene sobre la radiación solar el hecho de tener que atravesar la atmósfera terrestre desde distintas distancias cenitales se utiliza el parámetro m o número de masa de aire. El valor unitario de este parámetro corresponde a la posición

cenital del sol para un punto al nivel del mar y condiciones de presión atmosférica estándar. Otros valores corresponden al número de veces que esta atmósfera estándar debe ser atravesada por los rayos solares en función de la posición relativa del sol.

1.2.3 Insolación de Superficies Horizontales e Inclinadas.

Tipicamente un receptor solar puede encontrarse en una de las posiciones siguientes:

- a) Horizontal (fijo sobre la superficie terrestre o ligeramente por encima de ella.
- b) Con su superficie receptora inclinada según una orientación fija caracterizada por los ángulos de acimut y distancia cenital de su dirección normal.
- c) Con orientación variable, siguiendo al sol en su movimiento, según uno o dos ejes.

A continuación se muestra la insolación (me-

dia de radiación solar) E para cada país.

Media de radiación solar anual para E en
cada país: KJ/cm²

España, Portugal, Italia, Grecia,
Yugoslavia, Turquía, Argelia, Marue
cos, Angola, Japón, USA (Nordeste),
Argentina, Uruguay, Gibraltar, Mal
ta, Brunei, Taiwan, Indonesia, Mala
sia W, Singapur, Filipinas, China,
Corea del Sur, Nueva Zelanda. 500

Túnez, USA(Sur), México, América
Central, Colombia, Ecuador, Brasil,
Guayana, Liberia, Nigeria, Costa de 600
Marfil, Ghana, Australia, Vietnam.
Cuba, Jamaica, Chile, Venezuela,
USA (Suoeste), Libia, Libano, Egip
to, Sudán, India, Bangladesh, Sri
Lanka, Gambia, Kenia, Mozambique,
Tanzania, Etiopia, Somalia, Africa 700
del Sur, Mauricio, Seychelles, Bur
ma, Paquistán, Tailandia.

Irán, Arabia Saudita, Qatar, Bah
rein, Kuwait, Dubai, Abu Dhabi, Ye
men, Rep. de Guinea. 800

1.2.4 Movimiento Aparente del Sol.-

Diariamente, por efecto de la rotación de la tierra, alrededor de su eje, el Sol parece recorrer una órbita aproximadamente plana según un círculo, con velocidad angular constante. De día en día el plano de la órbita parece cambiar ligeramente así como los instantes y posiciones en que el sol aparece o desaparece al cruzar el plano del horizonte. Ello es debido al movimiento orbital de la tierra alrededor del Sol y a que el plano de la órbita no coincide con el perpendicular al eje de rotación terrestre (Ecuador). Además, la órbita terrestre no es circular sino elíptica, con el sol en uno de sus focos, dando lugar a variaciones de la irradiancia extraatmosférica. El movimiento orbital de la tierra no se efectúa según una ley de velocidad angular constante sino de velocidad areolar constante. Este efecto, junto con el de inclinación del Ecuador, respecto de la elíptica, da lugar a diferencias entre la hora solar local media (basada en un concepto uniforme del tiempo y obtenible mediante relojes estándar) y la hora solar verdadera (basada en el tiempo no

uniforme transcurrido entre dos pasos sucesivos del sol por el meridiano del lugar).

1.3 LA CELULA SOLAR. -

La utilización de las células fotovoltaicas es muy simple, ya que producen directamente corriente continua a expensas de la energía solar; esto hace que su aplicación, resulte más interesante que los generadores eléctricos clásicos (a diesel), en sitios aislados.

1.3.1 Estructura y Principios de Funcionamiento. -

Todas las células solares actuales, disponibles a nivel comercial, están constituidas por una unión p-n formadas en una oblea de silicio por difusión; la unión es muy superficial con valores típicos de anchura de la capa difundida de 0,2 - 0,5 μ . El contacto eléctrico sobre la cara iluminada, que será la cara difundida, ha de hacerse de tal forma que deje al descubierto la mayor parte de la superficie para que penetre la luz en el semiconductor cumpliendo a la vez la exigencia de proporcionar una baja resistencia serie. La

solución de compromiso que suele adoptarse son contactos en forma de peine como los que se muestran en la Figura 3. El contacto óhmico sobre la cara posterior, no iluminada, cubre toda el área. Habitualmente se cubre la cara iluminada con una capa de material antirreflexivo para aumentar el porcentaje de energía absorbida por la célula.

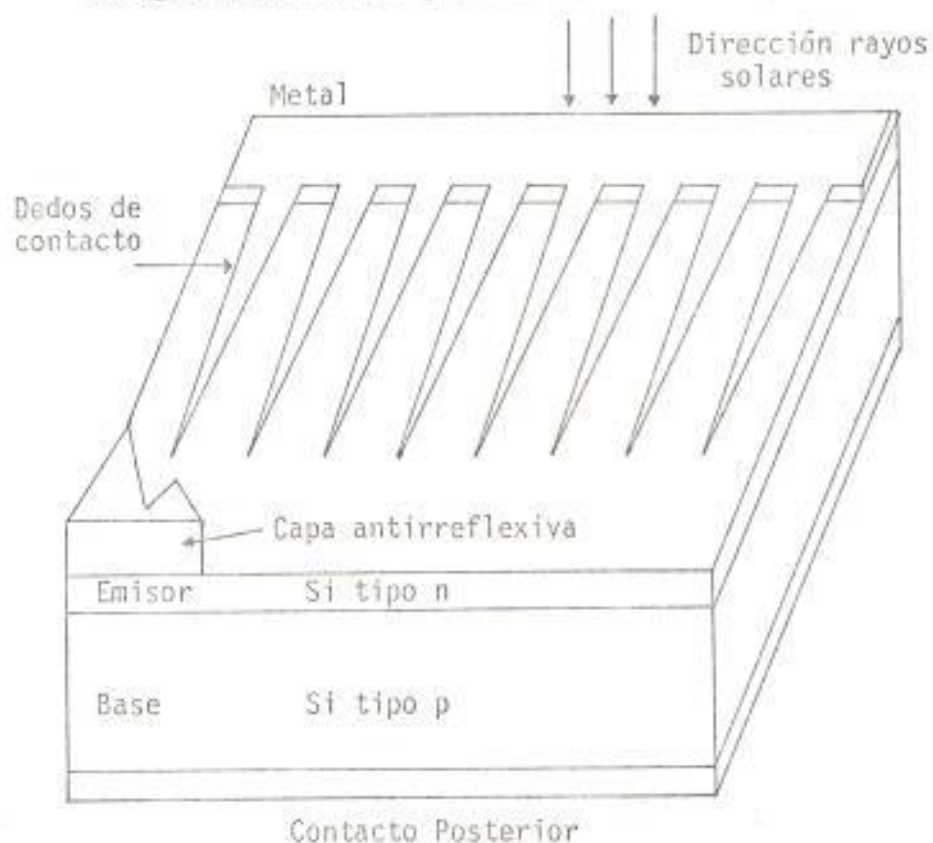


FIGURA 3 CELULA SOLAR

Cuando una célula solar es iluminada, mientras se aplica una diferencia de potencial V entre

sus terminales, suministra una corriente I . Existe un rango de funcionamiento en el cual la corriente sale al circuito exterior por el terminal positivo y vuelve a la célula por el negativo: es el rango de funcionamiento de la célula como generador y, por tanto, el de mayor interés desde nuestro punto de vista.

En las condiciones de funcionamiento señaladas, la célula solar está sometida a dos tipos de excitaciones externas: la iluminación y el voltaje aplicado. Admitiendo que la célula responde linealmente a estas excitaciones, la corriente generada vendrá dada, entonces, por la suma algebraica de las dos siguientes:

I_L : Corriente fotogenerada o fotocorriente, producida por la iluminación en ausencia de excitación por voltaje externo.

I_D : Corriente de oscuridad o corriente de diodo, producida por la polarización con un voltaje externo en ausencia de iluminación.

En la región de funcionamiento como generador estas dos componentes se oponen de forma que, tomando como positivas las corrientes de generación, se puede escribir:

$$I = I_L - I_D \quad (1)$$

ecuación fundamental de una célula solar, válida en todos sus rangos de funcionamiento.

1.3.2 Parámetros característicos de funcionamiento.

Según la Ec.(1) la característica I-V de una célula solar es la correspondiente al diodo de unión pn que la constituye, desplazada en corrientes el valor de I_L , como se puede ver en la Figura 4, en la que se muestra también el circuito equivalente. Considerando, para simplificar, el modelo de una exponencial, la ecuación característica I-V es:

$$I = I_L - I_0 \left(\exp \frac{eV}{mkT} - 1 \right) \quad (2)$$

Es inmediato que la corriente de cortocircuito viene dada por:

$$I_{sc} = I_L, \text{ para } V = 0 \text{ (cortocircuito)} \quad (3)$$

y que en circuito abierto la célula se autopolizará con una tensión V_{oc} tal que la fotocorriente quede equilibrada por la corriente de polarización:

$$I_D(V_{oc}) = I_L, \text{ para } V = V_{oc} \text{ (circuito abierto)} \quad (4)$$

y teniendo en cuenta la Ec. (2) resulta

$$V_{oc} = m \frac{kt}{e} \ln \left(\frac{J_L}{J_0} + 1 \right) = m \frac{kT}{e} \ln \frac{J_L}{J_0} \quad (5)$$

como expresión para la tensión de circuito abierto.

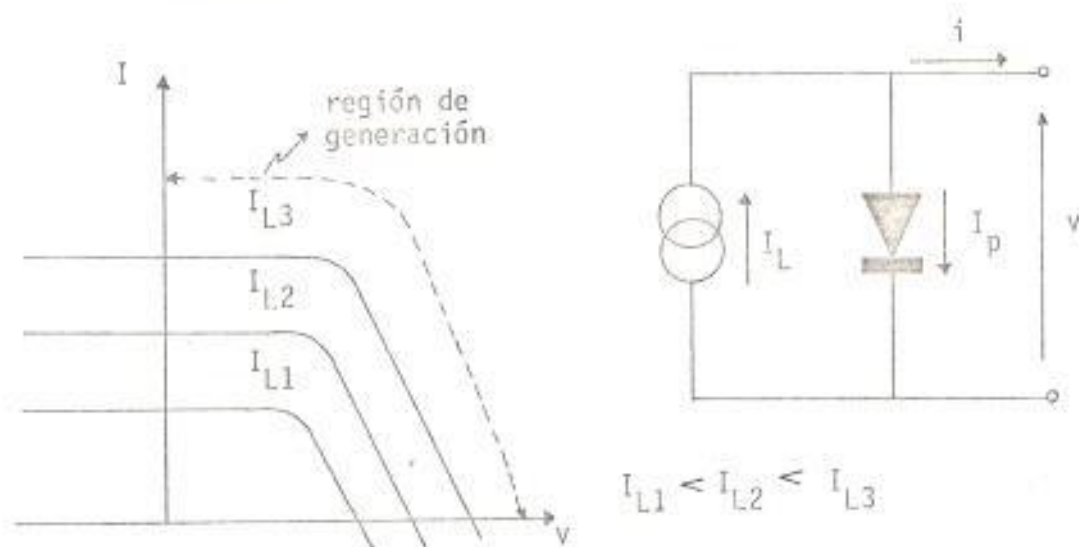


FIGURA 4. CURVAS CARACTERÍSTICAS Y CIRCUITO EQUIVALENTE DE UNA CELULA SOLAR.

La región de la curva característica comprendida entre I_{sc} y V_{oc} corresponde al funcionamiento de la célula entregando corriente a una carga, con tensión positiva; es decir, corresponde al funcionamiento de la célula como generador. Si la energía es suministrada a una carga resistiva, como se muestra en la Figura 5, la potencia entregada a la resistencia es el producto $V \times I = P/A$, y existirá un punto de funcionamiento (V_m, I_m) , punto de máxima potencia, para el cual la potencia entregada será máxima. Los valores de I_m y V_m pueden obtenerse de la condición:

$$D (P/A)/dV = 0$$

o bien:

$$0 = d (V \times I)_m = V_m dI + I_m dV \quad (6)$$

es decir,

$$- \left(\frac{dI}{dV} \right)_m = \frac{I_m}{V_m} \quad (7)$$

Esta condición es completamente general. Aplicada a una célula descrita por la Ec. (2) resulta (para $V_m = mkT/e$).

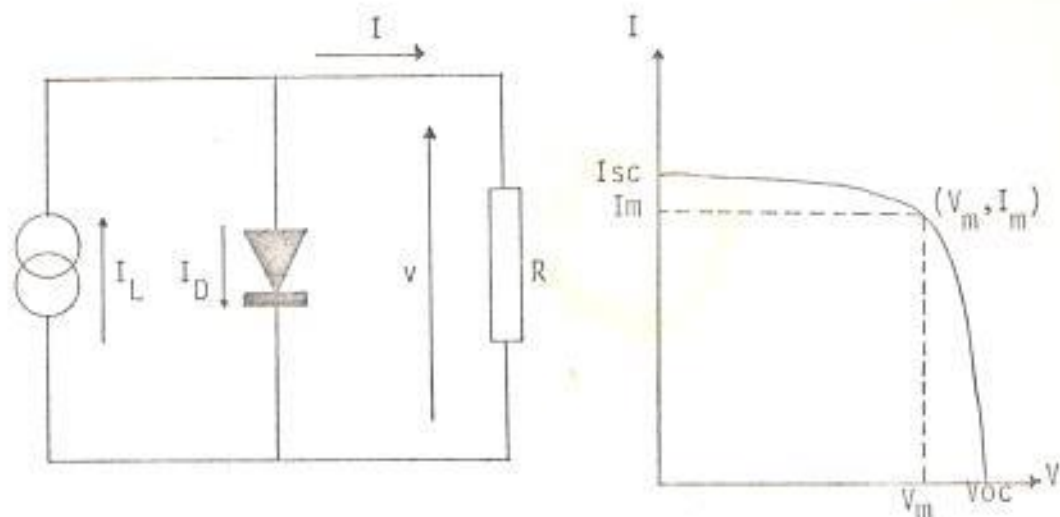


FIGURA 5 . FUNCIONAMIENTO DE UNA CELULA COMO GENERADOR ACOPLADO A UNA CARGA RESISTIVA.

$$I_m = I_L / (1 - \frac{mkT/E}{V_m}) \quad (8)$$

y además

$$I_m = I_L - I_o \exp \frac{e V_m}{mkT} \quad (9)$$

sistema de ecuaciones del que pueda calcularse I_m y V_m . El sistema no tiene, sin embargo, una solución explícita y para resolverlo es necesario resolver una ecuación trascendente. Una solución analítica muy aproximada es:

$$\frac{I_m}{I_L} = 1 - \frac{1}{\ln I_L/I_o} \left(1 - \frac{1}{\ln I_L/I_o}\right) \quad (10)$$

$$\frac{V_m}{V_{oc}} = 1 - \frac{1 - \ln I_L/I_0}{2 - \ln I_L/I_0} \times \frac{\ln (1 - \ln I_L/I_0)}{\ln I_L/I_0} \quad (11)$$

que muestra claramente, que I_m es un valor próximo a I_L y V_m un valor próximo a V_{oc} y el punto de máxima potencia se sitúa en el codo de la curva característica, como se ve en la Figura 5.

El producto $I_m \times V_m$ que nos dá la potencia máxima entregada (por unidad de área) viene representado en la Figura 3, por el área del rectángulo rayado, que es menor que el producto, $I_{sc} \times V_{oc}$, de la mayor corriente que puede obtenerse de la célula, I_{sc} , por la mayor tensión V_{oc} . Ambos productos se aproximan más cuanto más pronunciado sea el codo de la curva característica. Se suele utilizar el parámetro definido por:

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}} \quad (12)$$

y llamado factor de llenado o factor de forma, como cuantificador de la forma de la característica. Los valores de FF para una buena célula de silicio se sitúan alrededor de 0,8.

El mayor rendimiento energético, rendimiento de conversión, que podemos esperar de una célula solar será, por tanto,

$$\eta = \frac{P_m}{P_i} = \frac{I_m \times V_m}{P_L} = \frac{FF \times I_{sc} \times V_{oc}}{P_i} \quad (13)$$

siendo P_i la potencia de la radiación solar incidente sobre la misma.

1.3.3 Tipos de Células Solares.-

Podríamos hablar de grandes tipos de células solares, dependiendo de la configuración básica utilizada: células de unión pn, células de heterounión, células de barrera Schottky y células MIS.

Atendiendo a otros criterios, también se habla a veces de células de panel plano y de concentración, según sean diseñadas específicamente para funcionar con la radiación solar incidente normal o concentrada mediante algún dispositivo óptico.

También puede hablarse de células de capa delgada, que tratan de utilizar el mismo espesor

necesario de material semiconductor, de células monocristalinas, policristalinas y semicristalinas, atendiendo a la calidad cristalina del material semiconductor utilizado, etc.

Las células más desarrolladas en la actualidad son las de silicio monocristalino, las de arseniuro de galio y las de sulfuro de cadmio. En el caso del silicio de alto desarrollo alcanza a células de panel plano de concentración, en el caso del SCd se trata de células para panel plano y en el caso del AsGa dominan las células pensadas para concentración.

1.4 NOCIONES BASICAS SOBRE GENERADORES FOTOVOLTAICOS.-

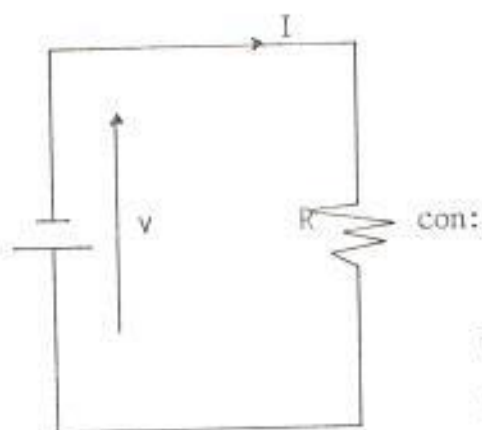
1.4.1 Breve revisión sobre Electricidad.-

A continuación detallaremos los aspectos más importantes sobre generadores.

1.4.1.1 Generador con una carga.-

El generador puede ser una batería, un conjunto de células fotovoltaicas,

etc. La carga puede representarse con una resistencia. La ecuación que relaciona las magnitudes que se muestran en la Figura 6, es:



$$V = IR$$

V : voltaje (voltios, V)

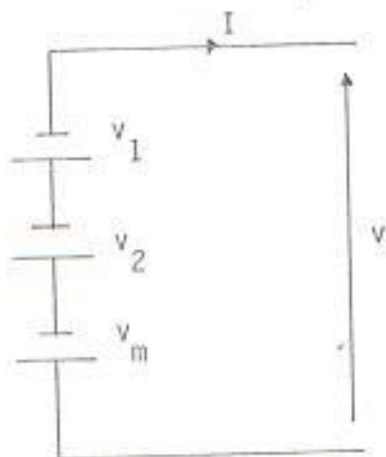
R : resistencia (ohmios, Ω)

I : intensidad (amperios, A)

FIGURA 6: GENERADOR CON CARGA

1.4.1.2 Posibilidades de conexión de generadores.-

a) En serie



$$V = \sum_{i=1}^{i=n} V_i$$

FIGURA 7

GENERADORES EN SERIE

b) En paralelo

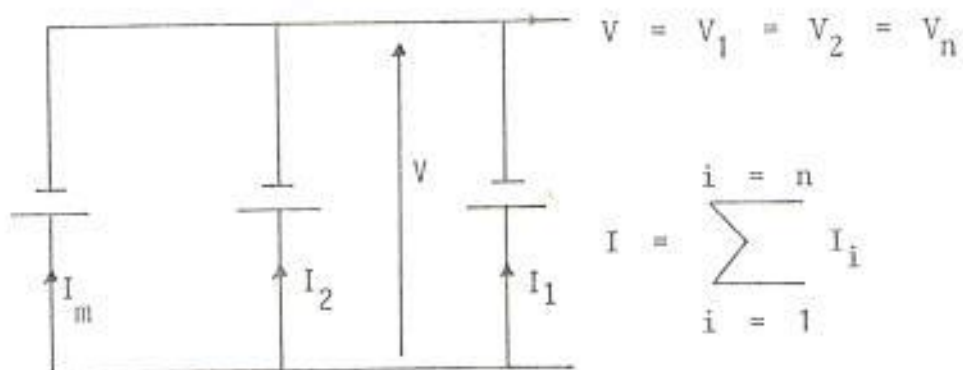


FIGURA 8 GENERADORES EN PARALELO

1.4.2 Características de los Módulos Fotovoltaicos.-

La característica de un módulo o generador depende de las condiciones físicas de sus materiales constitutivos. Gráficamente se puede representar como en la Figura 9.

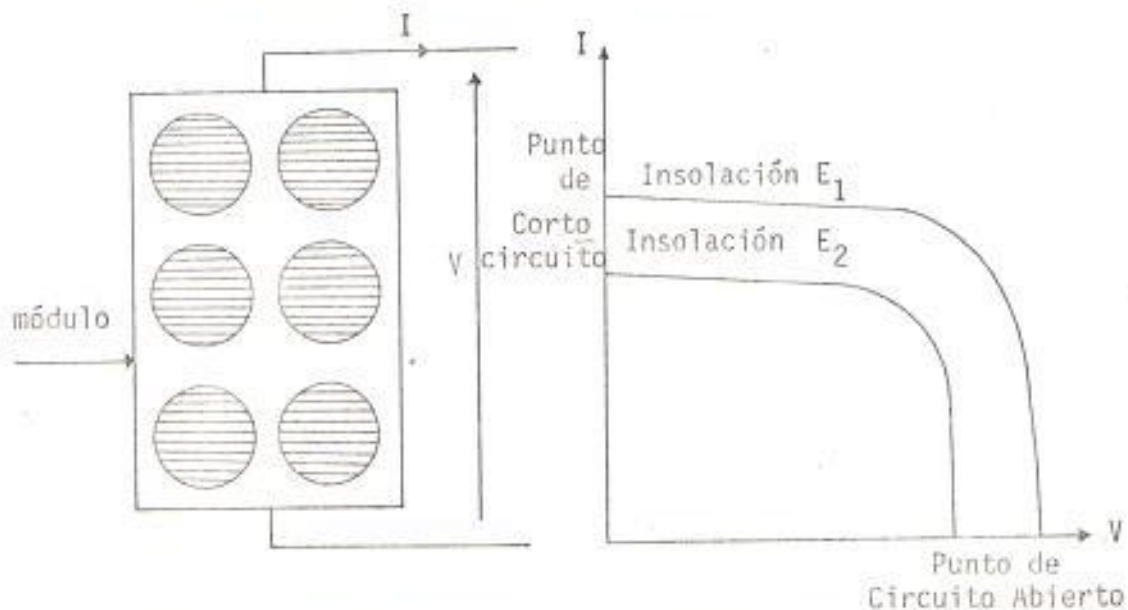


FIGURA 9 CARACTERÍSTICAS DE UN MÓDULO SIN CARGA.

El elemento principal de un módulo es la célula solar, de la cual ya hablamos anteriormente. Es decir, que un módulo está compuesto por una serie de células solares conectadas entre sí.

Una característica importante de un módulo es su punto de funcionamiento eléctrico el cual depende de la carga eléctrica que se le conecta.

Por ejemplo en la Figura 10, se muestra el caso de una resistencia conectada a un módulo.

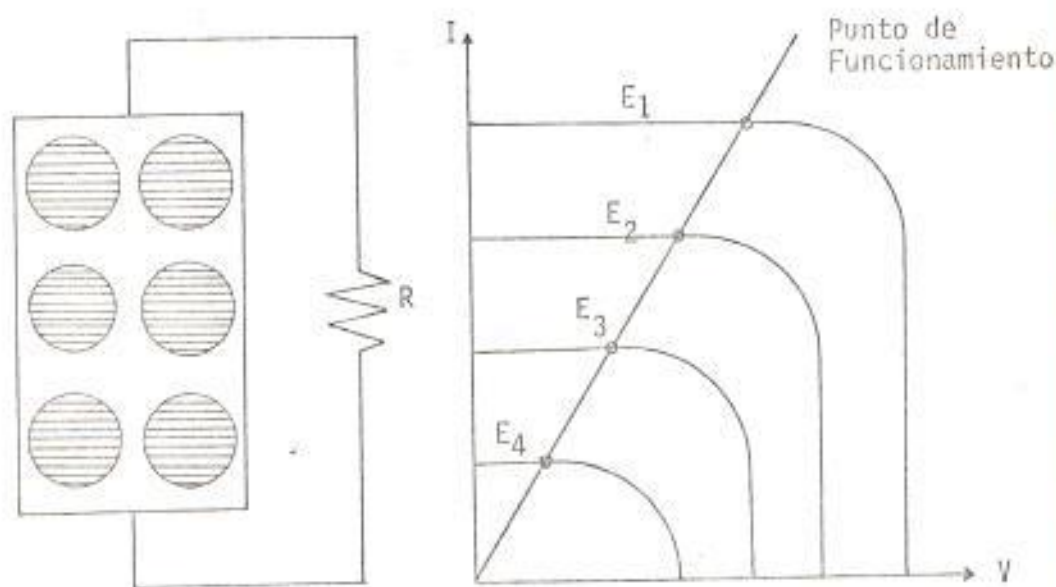


FIGURA 10 RESISTENCIA CONECTADA A UN MÓDULO Y SUS PUNTOS DE FUNCIONAMIENTO.

Los puntos de funcionamiento están sobre la recta de ecuación $V = RI$ y dependen de los valores de la insolación.

Otra característica importante es la eficiencia de un módulo, la cual depende del punto de funcionamiento del mismo. Ver Figura 11.

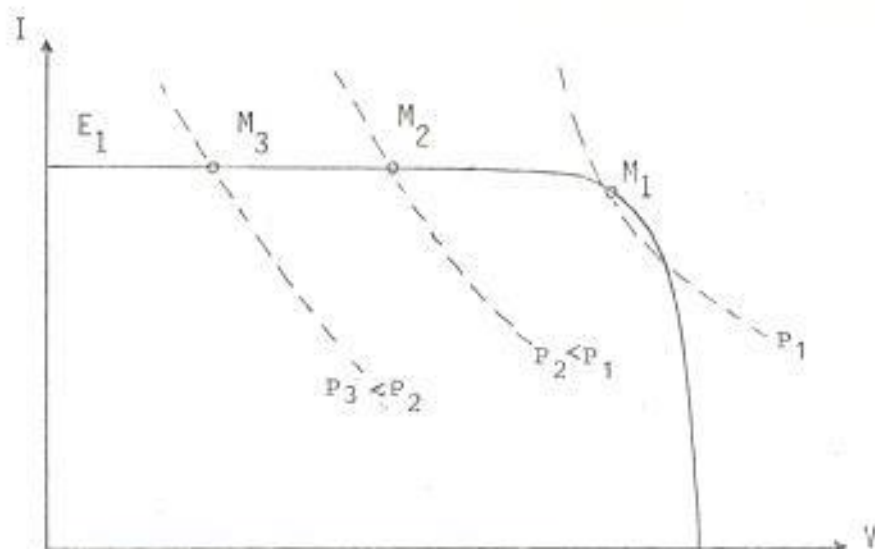


FIGURA 11. PUNTO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MÓDULO
Para una insolación dada, la potencia y la eficiencia del módulo en el punto M_2 serán mayores que en el punto M_3 ; el punto M_1 será el punto de potencia y eficiencia máximas.

Para una insolación de 1000 Watt/m^2 y una temperatura de 25°C , se dice que el punto M_1 es el punto de Potencia Pico.

1.4.3 Generadores Fotovoltaicos.-

Un generador es una reunión de módulos fotovoltaicos, según se aprecia en la Figura 12. Los diodos de protección que se muestran en la misma figura se utilizan para evitar que un módulo funcione como carga en el caso de que su funcionamiento no sea igual al de los otros.

Por ejemplo, si se necesita un generador de 1Kw de potencia pico y una tensión de 120V, conformado con módulos de 33 watt. En este caso se deberán montar 10 módulos en serie (10 x 12 V) y 5 módulos de 2 amp. en paralelo (1 Kw/120 V = 10 amp.).

1.4.4 Sistemas con Generador Fotovoltaico.-

En el caso más general se necesita de un sistema de almacenamiento con baterías, a fin de utilizar la electricidad durante las 24 horas del día. Un esquema del sistema global se muestra en la Figura 13.

1.4.5 Baterías para Aplicación Solar.-

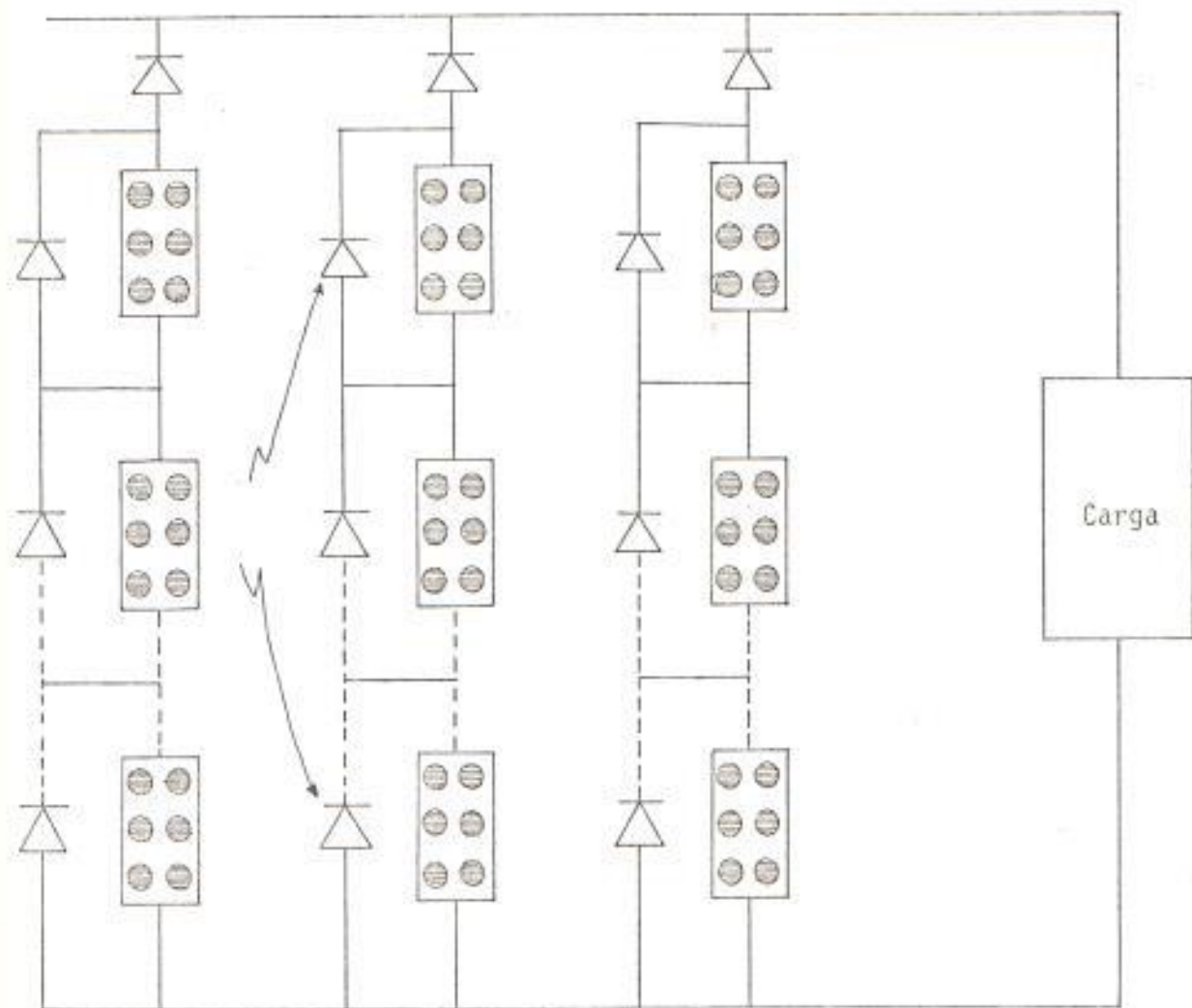


FIGURA 12. GENERADOR FOTOVOLTAICO

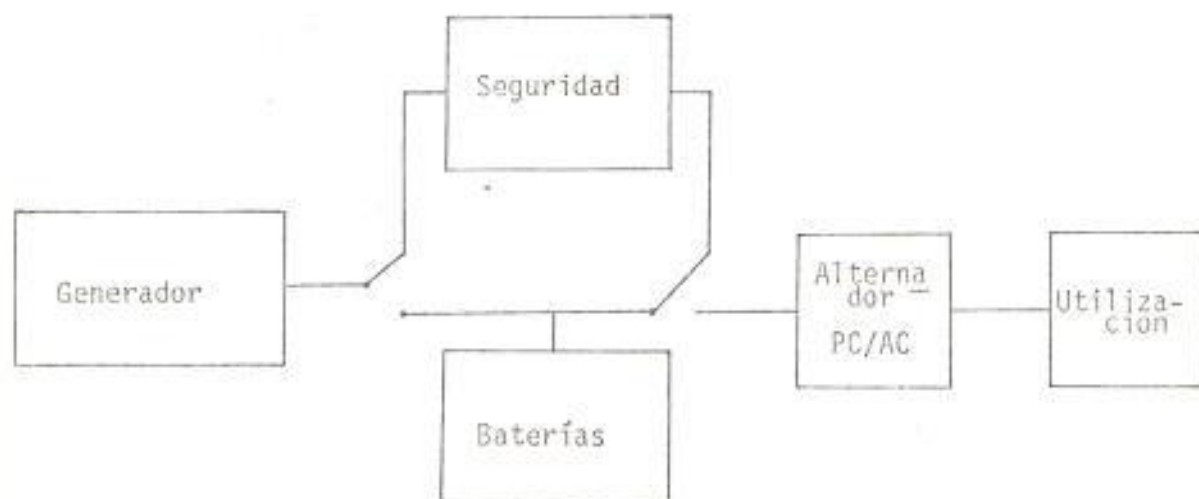


FIGURA 13. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA CON GENERADOR FOTOVOLTAICO.-

Las baterías son una parte integral de sistemas de generación solar. Algunas de las características requeridas para el uso de una batería en generadores solares son:

- a) Baja relación de descarga: Cualquier pérdida de capacidad debido a requerimientos internos de la batería deberá ser compensada por un incremento en el tamaño del arreglo solar. Baterías típicas pierden alrededor de 15% de su capacidad por mes a 80°F.

- b) Eficiencia de carga: La conversión de la energía eléctrica de los arreglos solares a energía química en la batería, depende de un número de factores, incluyendo estado de carga, composición de la batería, temperatura, relación de carga, etc.

- c) Características de voltaje estable: La corriente de salida disipada de la mayor parte de carga eléctrica varía directamente con el voltaje. Alto voltaje en la batería, generalmente significa grandes disipaciones en el sistema.

En la Figura 14, podemos ver la variación del voltaje en la Batería con la corriente de carga.

- d) Indicación de estado de carga: El mejor indicador de largos períodos de funcionamiento en sistemas solares es el estado de la batería. Entonces la insolación total en una localización varía menos del 3% de año a año. La capacidad de la batería leída para intervalos permanecerá constante.

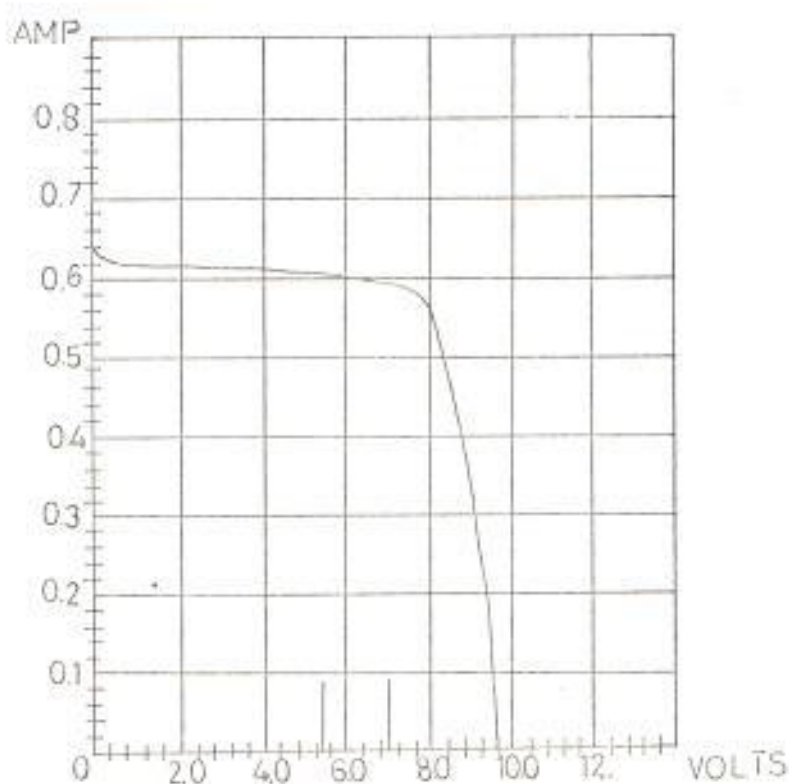


FIGURA 14

VOLTAJE EN LA BATERIA vs. CORRIENTE DE CARGA

CAPITULO II

DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA ACTUAL

2.1 DESCRIPCION.-

El Golfo de Guayaquil, se encuentra dividido en tres secciones a saber:

- a) Canal del Morro
- b) Canal Jambelí - Río Guayas
- c) Canal Cascajal

Se tiene que el 93% de las boyas ubicadas en las rutas de acceso al Puerto Marítimo y Guayaquil, están dotadas de linternas a gas y cilindros de acetileno.

A continuación hablaremos de los tipos de boyas existentes y de su estructura.

2.1.1 Tipos de Boyas Luminicas.-

Pueden ser divididas en las tres categorías siguientes:

2.1.1.1 Serie BT.-

Son del tipo Cola de Tubo, algunas veces conocida como pendulo o boyas de alto plano focal. Estas boyas poseen gran estabilidad y realizan una mejor función expuesta en condiciones de mar tempestuoso.



FIGURA 15

BOYA TIPO COLA DE TUBO

2.1.1.2 Serie BS.-

Son del tipo falda de quilla. Estas boyas son menos estables que la de colas de tubo, pero son usualmente preferidas por que pueden ser

puestas en pie sobre la cubierta de un bote remolcador de boyas y son fácilmente manejables.

Son más convenientes para propósitos de marcación de canales en la mayor parte de localizaciones de mar abierto.

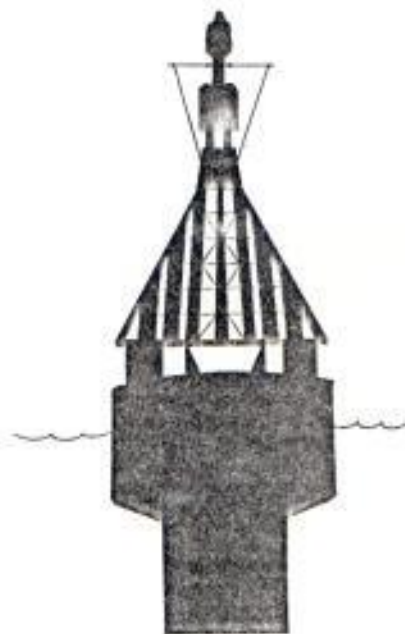


FIGURA 16
BOYA TIPO FALDA DE QUILLA

2.1.1.3 Serie BC. -

Son del tipo catamarán. Son convenientes para aguas superficiales y donde se experimentan oleajes y corrientes fuertes.

Son excepcionalmente fáciles de manejar y pueden ser remolcadas por una lancha pequeña.

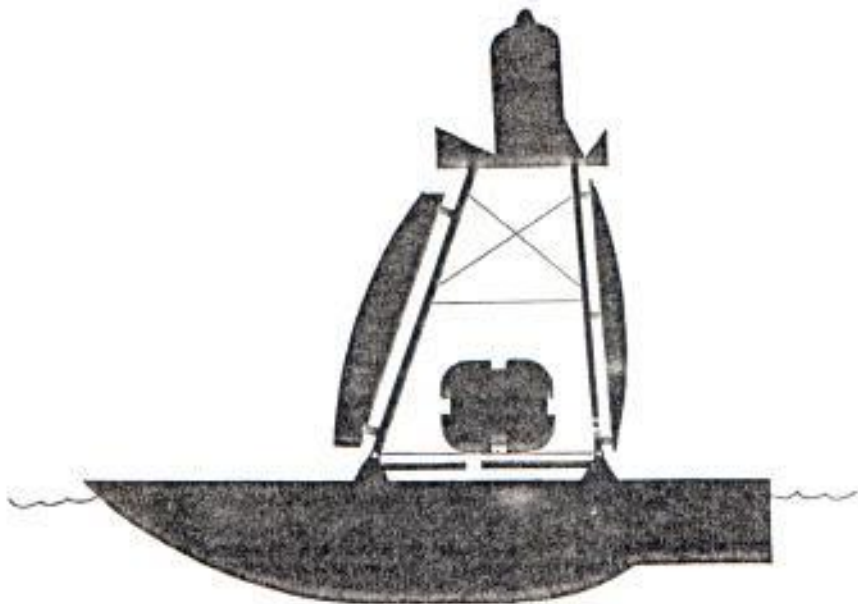


FIGURA 17
BOYA TIPO CATAMARAN

2.1.2 Estructura.-

La estructura de estas boyas es en el mayor de los casos metálica, y en una pequeña proporción de plástico.

2.1.2.1 Boyas Metálicas.-

Son boyas de acero, las cuales son soldadas. Son construídas con la me

jor calidad de placas de acero.

El cuerpo de la boya tiene tope y base con placas para máxima consistencia.

Estas boyas pueden ser cilíndricas o cónicas.

Una superestructura es seguramente ajustada a la cubierta del tope de la boya y es separable para transportación.

Una falda de quilla o cola de tubo, portarán el lastre necesario de hierro fundido para asegurar estabilidad, es rigidamente apegado a la base del cuerpo de la boya. En el caso de una cola de tubo, este es fijado por pernería para facilitar al tubo ser separado para embarque.

2.1.2.2 Boyas Plásticas.-

Son boyas construidas con fibra de vidrio y resinas. Son de bajo peso

y fácilmente manejables.

Relleno de espuma de poliuretano, es colocado en el compartimiento de flotación maestra para prevenir a la boya de hundimientos.

2.2 BOYA CON SISTEMA LUMINICO A GAS.-

Las boyas con linternas a gas, usan generalmente para su alimentación gas acetileno, el cual, es el menos afectado por el medio ambiente marino.

La luz de acetileno es muy conveniente donde se requiere destellos rápidos o cortos.

El número de acumuladores que se utilizan en una instalación depende principalmente del tipo de linterna utilizado y de su alcance, pudiendo variar de 4 a 12 cilindros.

Si consideramos un sistema provisto de 4 cilindros, cargados con acetileno, con un peso de 68 a 100 Kg. cada uno. Estos cilindros son colocados en la base de la boya, la cual cuenta con una cavidad para este propósito.

Tomando en consideración que el Kg. de gas acetileno tiene un valor de S/.360,00, se tendrá entonces que por cada boya el costo de gas es de:

$$S/.360,00 \text{ c/Kg} \times 68\text{Kg} \times 4 = S/.81.600,00$$

La duración de los cilindros (4) es de aproximadamente 10 meses, luego del cual se reabastece.

Los cilindros están conectados a una cañería, la cual provee de gas a la linterna para su iluminación.

Los peligros más comunes a los cuales se enfrentan estas boyas son: obstrucción con ollín del cubrella mas ocasionado por la combustión del gas acetileno y roturas de cañerías, quedando como resultado la linterna fuera de servicio.

El mantenimiento que se realiza a estas boyas es anual y es controlado por el Instituto Oceanográfico de la Armada.

El reabastecimiento de los cilindros de gas implica:

- a) Remolcador
- b) Personal especializado
- c) Cilindros nuevos para cada boya

2.3 SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARITIMO.-

Este sistema proporciona reglas aplicables a todas las señales fijas y flotantes (con excepción de faros, luces de sectores, luces y señales de enfilación, buques faros y grandes boyas de navegación) y sirve para indicar:

- a) Los límites laterales de canales navegables
- b) Los peligros naturales y otros obstáculos, tales como cascos a pique.
- c) Otras áreas o configuraciones de importancia para el navegante.
- d) Nuevos peligros

Es necesario mencionar que la Asociación Internacional de Señalización Marítima (IALA) implantó un sistema de boyado que comprende dos regiones A y B, las cuales emplean tanto las señales Cardinales como las Laterales.

La región A utiliza el color rojo para señalar el lado de babor de los canales, y la región B emplea ese

mismo color para marcar el lado de estribor. Estas regiones pueden verse demarcadas en el anexo B.

A continuación describiremos en forma breve, algunas características de este sistema.

2.3.1 Tipos de señales.-

El sistema de boyado comprende cinco tipos de señales, que pueden emplearse en forma combinada.

2.3.1.1 Señales Laterales.-

Utilizadas conjuntamente con un "sentido convencional de boyado", aplicado generalmente para canales bien definidos. Estas señales marcan los costados de babor y estribor de la ruta a seguir. Donde el canal se bifurca puede utilizarse una señal lateral modificada para indicar la ruta preferida.

2.3.1.2 Señales Cardinales.-

Utilizadas conjuntamente con el com-

pás del navegante, para indicar donde puede encontrar aguas navegables.

Estas señales indican que en el área, las aguas más profundas se encuentran hacia el lado que indica la denominación de la señal.

Las señales cardinales poseen además un sistema especial de luces de destellos blancas. Básicamente, todos los ritmos son del tipo de destellos "muy rápidos", o "rápidos", pero interrumpidos en lapsos de diversa duración de la fase lumínica.

Las características utilizadas para las señales Cardinales se indican a continuación:

Norte: Destellos muy rápidos o rápidos continuados.

Este: Tres destellos muy rápidos o rápidos seguidos de un período de eclipse.

Sur : Seis destellos muy rápidos o rápidos seguidos inmediatamente por un destello largo y luego eclipse.

Oeste: Nueve destellos muy rápidos o rápidos seguidos por un eclipse.

2.3.1.3 Señales de peligro aislado.-

Para indicar peligros aislados de tamaño limitado y que tienen aguas navegables a todo su alrededor.

2.3.1.4 Señales de aguas seguras.-

Para indicar que en torno a su posición las aguas son navegables; por ejemplo, señal de medio canal.

2.3.1.5 Señales especiales.-

Cuyo objeto principal no es el de ayudar a la navegación, sino indicar un área o configuración a la que se hace referencia en los documentos náuticos.

2.3.2 Método empleado para caracterizar las señales.-

El significado de una señal depende de una o varias de las características siguientes:

- a) De noche, color, forma y ritmo de la luz
- b) De día, color, forma, marca de tope

En las aguas del mar Territorial de la República del Ecuador, se utiliza el Sistema Lateral acordado en la Sexta Conferencia Hidrográfica Internacional de 1952 y aprobado por el Consejo Nacional de la Marina Mercante y Puertos en sesión del 24 de marzo de 1971.

Tomando en consideración lo antes expuesto, se tienen ciertas reglas para este tipo de señales.

2.3.3 Reglas Generales para señales Laterales.-

2.3.3.1 Formas.-

Cuando las señales laterales, no cuentan con boyas de forma cilíndrica o cónica para su identificación, debe-

rán en lo posible llevar la apropiada marca de tope.

2.3.3.2 Identificación con letras o números.-

Si las señales ubicadas en los margenes de un canal están marcadas con números o letras, dichas indicaciones deben seguir el sentido convencional del boyado.

Cabe mencionar que nuestro país se encuentra en la región B (ver anexo B) y por lo tanto, tendrá que implantar este sistema de balizamiento.

Todo lo antes mencionado nos sirve de preámbulo para detallar los tipos de boyas existentes en el territorio ecuatoriano.

2.4 TIPOS DE BOYAS Y BALIZAS DE RECALADA A PUERTOS Y CANALES.-

A Estribor:

Boyas Ciegas: Forma: Cónica; Pintura: Roja; Número:

Par, numeración desde el mar.

Boyas Luminosas: Forma: Cilíndrica; Pintura: Roja; Nú
mero: Par, numeración desde el mar;
Luz: Roja, centellante o con un des-
tello, o una ocultación por período.

Balizas Fijas: Forma: Cilíndrica; Pintura: Roja o ro
ja con la parte superior blanca; Nú-
mero: Par, numeración desde el mar;
Marca de Tope: Cono rojo, con vérti-
ce hacia arriba.

A Babor:

Boyas Ciegas: Forma: Cilíndrica; Pintura: Negra;
Número: Impar, numeración desde el
mar.

Boyas Luminosas: Forma: Cilíndrica; Pintura: Negra;
Número: Impar, numeración desde el
mar; Luz: Verde o blanca, centellan-
te o con un destello, o una oculta-
ción por período.

Balizas Fijas: Forma: Cilíndrica; Pintura: Negra, o
negra y la parte superior blanca; Nú

mero: Impar, numeración desde el mar;
Marca de Tope: Rectángulo negro.

SEÑALES EN CANALES

De Bifurcación o de Unión: (Canal principal a Babor)

Boya Ciega: Forma: Cónica; Pintura: Franjas horizontales rojas y blancas.

Boya Luminosa: Forma: Cilíndrica; Pintura: Franjas horizontales rojas y blancas; Luz: Roja, en grupos de 3 destellos por período.

Balizas Fijas: Forma: Cilíndrica, Pintura: Franjas horizontales rojas y blancas, en el extremo superior franja roja; Marca de Tope: Cono rojo, con vértice hacia arriba.

De Bifurcación o de Unión: (Canal principal a Estribor).

Boya Ciega: Forma: Cilíndrica; Pintura: Franjas horizontales negras y blancas.

Boya luminosa: Forma: Cilíndrica; Pintura: Franjas horizontales negras y blancas; Luz: Verde o blanca, en grupos de 3 destellos por período.

Balizas Fijas: Forma: Cilíndrica; Pintura: Franjas horizontales negras y blancas, en el extremo superior franja negra; Marca de Tope: Rectángulo negro.

DE ESPERA DE PRACTICO O DE MEDIO CANAL

Boya Ciega: Forma: Cilíndrica o Cónica; Pintura: Franjas verticales negras o blancas.

Boya luminosa: Forma: Cilíndrica; Pintura: Franjas verticales negras y blancas; Luz: Blanca, grupos de 3 ocultaciones por período.

Balizas Fijas: Forma: Cilíndrica; Pintura: Franjas verticales negras y blancas; Marca de Tope: Esfera negra.

DE PELIGRO AISLADOS

Boya Ciega: Forma: Cilíndrica; Pintura: Verde

Boya Luminosa: Forma: Cilíndrica; Pintura: Verde;
Luz: Verde, grupo de 3 ocultaciones
por período.

Balizas Fijas: Forma: Cilíndrica; Pintura: Verde;
Marca de Tope: Esfera verde.

BALIZAMIENTOS ESPECIALES (Forma opcional)

Boya de amarre, fondeadero garantizado, cuarentena:
Color amarillo; Luz: Azul, isofase.

Boya de amarre para explosivos:
Color amarillo, con letras EXP en ro
jo.

Boya de áreas de pesca:
Color blanco

Boya de áreas de dragado:
Color blanco y letras DRAG con verde

Enfiladas: Color blanco y negro en cuadros;
Luz: Blanca isofase.

Boyarines, balizas para uso especial:
Color anaranjado y negro

2.5 UTILIZACION DE LINTERNAS ELECTRICAS CON PANELES SOLARES EN BOYAS EN COMPARACION CON LINTERNAS A GAS.-

La utilización de linternas a gas en boyas lumínicas, tiene ciertas desventajas en comparación con otros tipos de alimentación y son:

- a) El reabastecimiento de cilindros de gas, lo cual es una faena muy laboriosa que implica altos costos de operación, debido a la necesidad de utilizar embarcaciones apropiadas y el personal suficiente, considerando el hecho de que cada boya utiliza 4 cilindros cargados de acetileno, los cuales permiten una operación inferior a un año de dicha ayuda a la navegación siempre y cuando existan condiciones normales de funcionamiento.
- b) Por la combustión propia del gas acetileno, en ciertas ocasiones se producen residuos que obstruyen el paso del gas, dejando fuera de servicio la linterna en períodos muchos más cortos que los estimados para un cambio de carga.
- c) La implantación del Sistema B de Balizamiento aprobado por el IALA, exige una variedad de características lumínicas como: destello simple,

grupos de destellos, ocultación, isofase, centellante, las mismas que no son posible conseguir con los destelladores a gas de que actualmente disponen las linternas.

- d) El costo de los equipos lumínicos a gas, es considerablemente elevado en los actuales momentos, considerando los materiales no corrosivos utilizados en todos sus componentes expuestos al medio ambiente.

Lo antes expuesto, lleva a considerar algunas alternativas para reemplazar el sistema ya mencionado.

1. Reemplazar el equipo lumínico a gas por linternas eléctricas de destelladores electrónicos con lámparas bifilament^o, éstas deben de ser compactas, con lente irrompible y diseñadas para una alta divergencia vertical; destelladores electrónicos diseñados con microcircuitos programables que le permitan entregar cualquier característica lumínica requerida.
2. Punto fundamental constituye el tipo de alimentación eléctrica a utilizarse, existiendo tres alternativas:

- Paneles Solares con Batería Secundaria
- Baterías Primarias (descartables)
- Baterías Secundarias (recargables)

Las más recomendables son las dos primeras, ya que la última, consistente de baterías secundarias (recargables), requieren ser reemplazadas en períodos inferiores a un año de servicio por otras cargas previamente, siendo esta faena bastante similar al cambio de cilindros debido al peso considerable de las baterías; las mismas que deben ser cargadas nuevamente para un próximo reabastecimiento.

Es conveniente la utilización de paneles solares con arreglos de 2 a 4 paneles encapsulados de vidrios, los mismos que mantienen a plena carga una batería de plomo-calcio, con la gran ventaja que no es necesario efectuar cambios periódicos de baterías eliminando radicalmente esta costosa y laboriosa operación. El mantenimiento del sistema se limita a efectuar una limpieza con agua de los paneles solares cada 6 meses, labor que la puede efectuar una sola persona sin requerir de una embarcación especial.

Cabe mencionar que el Instituto Oceanográfico de la Armada, ha utilizado con mucho éxito paneles solares en la Boya Don Víctor, fondeada en Manta en 1979, sin presentar una sola falla de sistema lumínico.

Esta configuración reduce considerablemente el costo anual de operación de las Boyas lumínicas.

CAPITULO III

PLAN DE MODERNIZACION

3.1 OBJETIVOS.-

Se persigue básicamente cubrir los siguientes puntos:

1. Reemplazar el sistema de alimentación de todas las boyas que se hayan comprendidas en la región del Golfo de Guayaquil, el cual en los actuales momentos está constituido por cilindros de gas acetileno y en su lugar, colocar paneles solares y baterías secundarias.
2. Reemplazar el equipo lumínico a gas por linternas eléctricas de destelladores electrónicos con lámpara bifilamento, que cumplan con la característica lumínica requerida por cada tipo de boya.

Cabe mencionar que en la región que requiere realizar estos cambios, existen diversos tipos de boyas, lo cual implica que para cada tipo de boya se realiza el cálculo tanto del tipo de pane-

les y batería a utilizarse, así como también de las características lumínicas de las linternas eléctricas.

Además, debe considerarse el hecho de que nuestro país debe someterse al nuevo sistema de balizamiento marítimo implantado por el IALA, que para nosotros es el Cardinal Lateral, lo cual es el tema que se menciona a continuación.

3.2 CUMPLIMIENTO DEL SISTEMA DE BALIZAMIENTO CARDINAL-LATERAL DEL IALA.-

Este sistema de balizamiento incluye una variedad de características lumínicas, tales como destello simple, grupos de destellos, ocultación, isofase, centelleante.

Todo esto analizado en el capítulo anterior, servirá para un mejor entendimiento de los tópicos siguientes:

3.2.1 Descripción de Señales Cardinales.-

3.2.1.1 Señal Cardinal Norte.-

Color : Negro sobre amarillo

Forma : Castillete o espeque

Luz :

Color : Blanco

Ritmo : VQ o Q

3.2.1.2 Señal Cardinal Este.-

Color : Negro, con una sola ancha
franja horizontal amarillo.

Forma : Castillete o espeque

Luz :

Color : Blanco

Ritmo : VQ (3) cada 5 seg. ó
Q (3) cada 10 seg.

3.2.1.3 Señal Cardinal Sur.-

Color : Amarillo sobre negro

Forma : Castillete o espeque

Luz :

Color : Blanco

Ritmo : VQ (6) + Destello largo
cada 10 seg. ó
Q (6) + Destello largo
cada 15 seg.

3.2.1.4 Señal Cardinal Oeste.-

Color : Amarillo, con una sola ancha
franja horizontal negra.

Forma : Castillete o espeque

Luz :

Color : Blanco

Ritmo : VQ (9) cada 10 seg. ó

Q (9) cada 15 seg.

3.2.2 Descripción de Señales Laterales.-

3.2.2.1 Señales de Babor.-

Color : Verde

Forma : Cilíndrica

Luz :

Color : Verde

Ritmo : Cualquiera, excepto el
descrito en la sección

3.2.2.3

3.2.2.2 Señales de Estribor.-

Color : Rojo
Forma : Cónica
Luz :

Color : Rojo
Ritmo : Cualquiera, excepto el
descrito en la sección
3.2.2.3.

3.2.2.3 En el punto en que el canal de bifurca, siguiendo el sentido del boyado, el canal preferido puede indicarse modificando las señales laterales de Babor o Estribor como sigue:

a) Canal preferido a estribor

Color : Verde con una ancha franja
horizontal roja.
Forma : Cilíndrica
Luz :

Color : Verde
Ritmo : Luz de destellos en grupos
compuestos (2 + 1).

b) Canal preferido a Babor

Color : Rojo, con una ancha franja horizontal, verde.

Forma : Cónica

Luz :

Color : Rojo

Ritmo : Luz de destellos en grupos compuestos (2 + 1).

3.2.3 Descripción de señales de peligro aislado.-

Color : Negro, con una ó más franjas anchas horizontales rojas.

Forma : Optativa, pero sin prestarse a confusiones con señales laterales.

Luz :

Color : Blanca

Ritmo : Grupo de destellos (2)

3.2.4 Descripción de señales de Aguas Seguras.-

Color : Franjas verticales rojas y blancas

Forma : Esférica

Luz :

Color : Blanco

Ritmo : Isofástica, de ocultaciones,
un destello largo cada 10 seg.
ó Morse "A".

3.3 MEJORAMIENTO DE LOS PARAMETROS LUMINICOS.-

Una de las mayores ventajas que se obtiene con la alimentación eléctrica, es el notable incremento de la intensidad lumínica y por consiguiente del alcance nominal y efectivo. Como referencia citaremos el siguiente ejemplo, con una boya que tiene un equipo luminico a gas y con una intensidad lumínica de 240 Cd, se consigue un alcance efectivo de 6 millas náuticas. Si se lo hace con una boya con alimentación solar de 300 Cd, el alcance efectivo es de 7 millas náuticas. Además, con un equipo lumínico eléctrico se elimina las dificultades provenientes de la utilización de linternas a gas, tales como la obstrucción con ollín del cubrellamas, etc.

La utilización de linternas eléctricas dotadas de destelladores electrónicos permite obtener una variedad de características lumínicas tales como simple destello, grupo de destellos, destellos en código Morse, etc.

3.4 REDUCCION DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LAS BOYAS LUMINICAS UTILIZANDO PANELES SOLARES.-

La disminución de los costos de mantenimiento de las boyas lumínicas usando alimentación solar, se puede observar mejor, si comparamos el sistema actualmente empleado (el cual se detalla en la sección 2.2), con el mantenimiento que requiere un arreglo solar.

Una boya lumínica con alimentación solar comprende básicamente:

- Paneles Solares
- Batería Secundaria
- Linterna Eléctrica

El mantenimiento de cada una de estas partes, es mínimo.

Los paneles requieren una limpieza con agua, cada 6 meses, labor que puede efectuarla una sola persona en una embarcación simple, es decir, sin requerir equipo especial.

La batería solo requiere de una cubierta de protección contra el sol, la cual puede ser una cabina ven

tilada. Se pueden considerar en este caso baterías completamente selladas, las cuales aparte de que posean características eléctricas superiores, tales como autodescarga y de un robusto diseño mecánico, no precisen ser rellenadas con agua en toda su vida.

En lo referente a las linternas eléctricas dotadas de destelladores electrónicos, se han conseguido períodos más largos, sin que el equipo sea atendido por el personal de mantenimiento.

En definitiva los costos de mantenimiento de las boyas lumínicas que utilizan paneles solares, son reducidos en una relación aproximada de 4 a 1. Además, el costo del sistema solar (que dura un tiempo largo, indefinido) es comparable a 2 o 3 años de abastecimiento de la fuente de alimentación reemplazada.

3.5 PLAN PROPUESTO.-

Este plan consiste en obtener los nuevos parámetros y características lumínicas de cada una de las boyas existentes en el Golfo de Guayaquil, para lo cual tenemos que considerar lo siguiente:

- Alcance lumínico nominal
- Alcance geográfico
- Intensidad lumínica
- Factor de transmisión atmosférica

A continuación se muestra el plan antes mencionado

TABLA 4. PARAMETRO LUMINICO ACTUALES Y PROPUESTOS

N° DE ORDEN Y N° INTERNACIONAL	NOMBRE	PARAMETROS LUMINICOS ACTUALES		PARAMETROS LUMINICOS PROPUESTOS	
		CARACTERISTICAS Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI NAL Y GEOGRA FICO.	CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI NAL Y GEOGRA FICO.
1082 G-5037.a	Canal del Morro Boya del Mar	Destello blanco 0.4+4.6 = 5.0seg. 240 Cd	6.8 9.0	Destello blanco 0.4+4.6 = 5.0seg. 360 Cd.	7.5 10.0
1084 G-5037.c	Boya N° 1	Destello blanco 0.4+3.6 = 4.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 360 Cd.	7.5 10.0
1086 C-5037.d	Boya N° 2	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 360 Cd.	7.5 10.0
1088 G-50237.f	Boya N° 5	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 360 Cd.	7.5 10.0
1090 G-5037.g	Boya N° 6	Destello Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Destello Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0
1092 G-5037.h	Boya N° 8	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 360 Cd.	7.5 10.0
1094 G-5037.i	Boya N° 9	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 360 Cd.	7.5 10.0
1096 G-5037.m	Boya N° 10	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 240Cd.	6.8 9.0	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 360 Cd.	7.5 10.0

Continuación.....

Nº DE ORDEN Y Nº INTERNACIONAL	NOMBRE	PARAMETROS LUMINICOS ACTUALES		PARAMETROS LUMINICOS PROPUESTOS	
		CARACTERISTICAS Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI NAL Y GEOGRA FICO.	CARACTERISTICAS Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NO- MINAL Y GEO GRAFICO.
1098 G-3037.n	Boya Nº 11	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 360 Cd.	7.5 10.0
1100 G-3037.0	Boya Nº 12	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 360 Cd.	7.5 10.0
1102 G-3037.p	Boya Nº 13	Centelleante Blanco 0.3+0.7 = 1.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Centelleante Blanco 0.3+0.7 = 1.0seg. 240 Cd.	6.8 19.0
1108 G-3038.c	Boya Nº 15	Centelleante Blanco 0.3+0.7 = 1.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Blanco 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1112 G-3040.a	Boya Nº 17	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.5 8.3
1114 G-3040.d	Boya Nº 20	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.5 8.3
1116 G-3040.6	Boya Nº 22A	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.5 8.3
1118 G-3040.F	Boya Nº 22	Centelleante Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.0 8.0

Continuación...

Nº DE ORDEN Y Nº INTERNACIONAL	NOMBRE	PARAMETROS LUMINICOS ACTUALES		PARAMETROS LUMINICOS PROPUESTOS	
		CARACTERISTICA Y COLOR, POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI- NAL Y GEOGRA- FICO.	CARACTERISTICAS Y COLOR, POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI- NAL Y GEOGRA- FICO.
1126 G-3042.a	Estero Salado Boya Nº 23	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1128 G-3042.d	Boya Nº 26	Centelleante Rojo 0.3+0.7 = 1.0 seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1130 G-3042.F	Boya Nº 28	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1132 G-3042.h	Boya Nº 29	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1134 G-3042.j	Boya Nº 32	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1136 G-3042.m	Boya Nº 32	Centelleante Verde 0.3+0.7 = 1.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Verde 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.1 8.1
1142 G-3043.c	Boya Nº 36	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1143	Boya Nº 37	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 130Cd.	5.8	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 180Cd.	6.3

Continuación.....

Nº DE ORDEN Y Nº INTERNACIONAL	NOMBRE	PARAMETROS LUMINICOS ACTUALES		PARAMETROS LUMINICOS PROPUESTOS	
		CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI-NAL Y GEOGRA-FICA. (millas)	CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI-NAL Y GEOGRA-FICA. (millas)
1146 G-3043.f	Boya Nº 39	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1148 G-3043.h	Boya Nº 44	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1150 G-3043.i	Boya Nº 45	Centelleante Verde 0.3+0.7 = 1.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Verde 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1156 G-3045.b	Boya Nº 48	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1158 G-3045.d	Boya Nº 50	Centelleante Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.9	Centelleante Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1160 G-3045.e	Boya Nº 51	Centelleante Verde 0.3+0.7 = 1.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Verde 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1162 G-3045seg.	Boya Nº 54	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1164 G-3045.h	Boya Nº 58	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3

Continuación...

N° DE ORDEN Y N° INTERNACIONAL	NOMBRE	PARAMETROS LUMINICOS ACTUALES		PARAMETROS LUMINICOS PROPUESTOS	
		CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI NAL Y GEOGRA FICA (milla)	CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI NAL Y GEOGRA FICA(millas)
1170 G-3045.i	Boya N° 59	Centelleante Verde $0.3+0.7 = 1.0\text{seg.}$ 150 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Verde $0.3+0.7 = 1.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0
1172 G-3045.k	Boya N° 62	Destello Rojo $0.4+3.6 = 4.0\text{seg.}$ 150 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo $0.4+3.6 = 4.0\text{seg.}$ 180 Cd.	6.3 8.3
1178 G-3046.d	Boya N° 66	Centelleante Rojo $0.3+0.7 = 1.0\text{seg.}$ 150 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Rojo $0.3+0.7 = 1.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0
1180 G-3047.6	Boya N° 67	Centelleante Verde $0.3+0.7 = 1.0\text{seg.}$ 150 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Verde $0.3+0.7 = 1.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0
1185	Boya "Z"	Grupo de Destello Verde. $1.0+1.0+1.0+2.0 =$ 5.0seg. 150 Cd.	- 4	Grupo de Destello Verde $1.0+1.0+1.0+2.0 =$ 5.0seg. 180 Cd.	6.8 8.3
1185(a)	Boya "Y"	Destello Verde $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 28.6 Cd.	3.8 4.6	Destello Verde $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 40 Cd.	4.1 5.1
1185(b)	Boya "X"	Destello Rojo $1.0+4.0 = 5.0\text{seg.}$ 18.6 Cd.	3.8 4.6	Destello Rojo $1.0+4.0 = 5.0\text{seg.}$ 60 Cd.	4.7 5.8

Continuación.....

Nº DE ORDEN Y Nº INTERNACIONAL	NOMBRE	PARAMETROS LUMINICOS ACTUALES		PARAMETROS LUMINICOS PROPUESTOS	
		CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI- NAL Y GEOGRA- FICO.	CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI- NAL Y GEOGRA- FICO.
1185 (c)	Boya "V"	Destello Verde 0.3+1.7 = 2.0seg. 18.6 Cd.	3.8 4.6	Destello Verde 0.3+1.7 = 2.0seg. 40 Cd.	4.1 5.1
1185 e	Boya "V"	Destello Rojo 1.0+3.0 = 4.0seg. 28.6 Cd.	3.8 4.6	Destello Rojo 1.0+3.0 = 4.0seg. 60 Cd.	4.7 5.8
1182 G-3047.c	Boya Nº 69	Centelleante Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1184 G-3047.d	Boya Nº 72	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1186 G-3047.f	Boya Nº 74	Destello Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1188 G-3047.g	Boya "A"	Destello blanco 0.5+2.5 = 3.0seg. 60 Cd.	4.7 5.8	Destello 0.4+2.5 = 3.0seg. 115 Cd.	5.6 7.2
1190 G-3047.h	Boya Nº 75	Destello blanco 1.5+4.5 = 6.0seg. 130Cd.	5.8 7.4	Destello blanco 1.5+4.5 = 6.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3
1194 G-3047.i	Boya Nº 77	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 180 Cd.	6.3 8.3

Continuación.....

Nº DE ORDEN Y Nº INTERNACIONAL	NOMBRE	PARAMETROS LUMINICOS ACTUALES		PARAMETROS LUMINICOS PROPUESTOS	
		CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI- NAL Y GEOGRA- FICO.	CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI- NAL Y GEOGRA- FICO.
1196 G-3047.k	Boya Nº 78	Centelleante Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1198 G-3047.m	Puerto Maríti- mo de Guaya- quil. Boya Nº 80	Centelleante Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1202 G-3047.n	Boya Nº 81	Centelleante Verde 0.3+0.7 = 1.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Centelleante Verde 0.3+0.7 = 1.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1212 G-3049	Boya Nº 84	Destello Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 60 Cd.	4.7 5.8	Destello Rojo 0.3+0.7 = 1.0seg. 115 Cd.	5.6 7.2
1216 G-2996.a	Canal Jambelí Río Guayas Boya Nº 1	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 240 Cd.	6.8 9.0	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 270 Cd.	7.0 9.3
1220 G-3025.a	Boya Nº 3	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1222 G-3025.d	Boya Nº 5	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0

Continuación.....

Nº DE ORDEN Y Nº INTERNACIONAL	NOMBRE	PARAMETROS LIMINICOS ACTUALES		PARAMETROS LIMINICOS PROPUUESTOS	
		CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LIMINICA	ALCANCE NOMI NAL Y GEOGRA FICO.	CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LIMINICA	ALCANCE NOMI NAL Y GEOGRA FICO.
1224 G-3031.a	Boya Nº 7	Destello Blanco $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 130 Cd.	5.4 7.4	Destello Blanco $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0
1231 G-3032.b	Boya B.C. "G.C."	Destello Blanco $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Blanco $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0
1282 G-3032.C	Río Guayas Boya Nº 2	Destello Rojo $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0
1236 G-3033.C	Boya Nº 4	Destello Rojo $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 130 Cd.	5.4 7.4	Destello Rojo $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0
1239	Boya Puerto Romá.	Destello Blanco $1.0+9.0 = 10.0\text{seg.}$ 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Blanco $1.0+9.0 = 10.0\text{seg.}$ 180 Cd.	6.3 8.3
1240 G-3034.d	Boya Santa Rita.	Destello Blanco $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Blanco $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0
1244 G-3035.b	Boya Nº 8	Destello Rojo $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Rojo $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0
1246 G-3035.f	Boya Nº 11	Destello blanco $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Blanco $0.3+2.7 = 3.0\text{seg.}$ 160 Cd.	6.1 8.0

Continuación.

Nº DE ORDEN Y Nº INTERNACIONAL	NOMBRE	PARAMETROS LUMINICOS ACTUALES		PARAMETROS LUMINICOS PROPUESTOS	
		CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI- NAL Y GEOGRA- FICO.	CARACTERISTICA Y COLOR. POTENCIA LUMINICA	ALCANCE NOMI- NAL Y GEOGRA- FICO.
1252(b)	Pto. de Guayaquil (Río Guayas) (Hoy Al faro). Boya Nº 69	Destello Verde 0.3+1.7 = 2.0seg. 21 Cd.	3.4 4.1	Destello Verde 0.3+1.7 = 2.0seg. 60 Cd.	4.7 5.8
1252 (c)	Boya Nº 70	Destello Rojo 0.3+2.7 = 3.0seg. 21 Cd.	3.4 4.1	Destello Rojo 0.3+2.7 = 3.0seg. 60 Cd.	4.7 5.8
1252 (d)	Boya Nº 73	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 21 Cd.	3.4 4.1	Destello Verde 0.4+3.6 = 4.0seg. 75 Cd.	5.0 6.2
1254 G-3037.a	Canal Cascahal Boya Nº 3C	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1256 G-3037	Boya Nº 1C	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0
1257 G-3037.c	Boya Nº 4C	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 130 Cd.	5.8 7.4	Destello Blanco 0.3+2.7 = 3.0seg. 160 Cd.	6.1 8.0

CAPITULO IV

FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO.-

4.1 INTRODUCCION.-

El dimensionado de una instalación fotovoltaica para alimentar una carga que requiere un suministro eléctrico de alta fiabilidad, al mínimo costo posible, es un problema complejo en el que intervienen un gran número de variables, tales como los datos climatológicos (radiación, temperatura y viento), la configuración del sistema, el costo de sus elementos componentes, la distribución temporal de la carga eléctrica, la inclinación de los paneles, su eficiencia en función del nivel de radiación, la autodescarga y la eficiencia de la batería, etc.

El procedimiento a seguir para el dimensionado de un sistema fotovoltaico, es el siguiente:

1. Obtener los datos de radiación solar existentes para la zona en que se va a instalar el sistema.
2. A partir de los datos de radiación calcular la

anual del número diario de horas equivalentes de sol nominal.

3. Determinar la tensión de funcionamiento que se desea.
4. Calcular la carga media diaria del sistema en Amperio-hora.
5. Calcular la dimensión necesaria del panel en Amperio-hora.
6. Aplicar al anterior resultado, un factor de seguridad que tenga en cuenta la pérdida de eficiencia del panel por suciedad y envejecimiento y las pérdidas en la batería.
7. Elegir el ángulo de inclinación del panel
8. Determinar el tamaño de la batería

Sin embargo mediante la adopción de una serie de hipótesis simplificadoras, es posible realizar de forma rápida dimensionados que, afectados de un coeficiente de seguridad, cumplan adecuadamente las exigencias de fiabilidad y que en nuestro caso son más

que suficientes por tratarse de una pequeña instalación.

En todo caso, es importante recordar que a pesar de la inseguridad de la fuente de energía (el sol), con un adecuado dimensionado de los elementos básicos del generador fotovoltaico, panel y batería, es posible conseguir un sistema cuya fiabilidad sea tan alta como sea necesaria y que en lugares remotos la fiabilidad de los generadores fotovoltaicos sea superior a la de sus competidores: la línea eléctrica y el grupo motor generador.

Todo lo antes mencionado nos sirve de preámbulo de los tópicos que se mencionan a continuación, y que tienen que ver con el dimensionado de los paneles y batería.

4.2 DIMENSIONADO DE PANELES SOLARES.-

El cálculo del panel está basado en la media de radiación solar anual (E) en KJ/cm².

Una forma sencilla para calcular la potencia media (S) de un panel solar depende justamente de E y es:

$$S = \frac{E}{600} \text{ Watts}$$

en donde E es el Factor Area" sacado de la Tabla 1.2.
3. La alimentación (S) a de compararse con el consu-
mo medio (C) de la boya, basado en 14 horas de oscu-
ridad.

$$C = \frac{0.65 \times W (t_1 + t_2 + S_1 + (n-1) S_2)}{P} + 0.02 \text{Watss}$$

en donde:

- W = tamaño de lámpara en Watts
n = número de destellos en un grupo
t₁, t₂ = longitud de cada destello en segundos
S₁, S₂ = factor de corrección para sobrecorriente
en segundos.
P = período total en segundos

A continuación se muestra una tabla de estos paráme-
tros.

Cabe mencionar que la media de alimentación de poten-
cia a ser igual o superior al consumo medio.

Ejemplo: Hay que instalar en Guayaquil (Ecuador)
una luz de navegación con una lámpara de 10
W y un carácter de 0.5 + 4.5 = 5 segs.

TABLA 5

PARAMETROS PARA EL CALCULO DE UN PANEL SOLAR

LAMPARA	LONGITUD DE DESTELLO OP TIMO (SEG.)	S ₁ (seg.)	S ₂ (seg.)
2W	0.15	0.05	0.03
5W	0.20	0.05	0.05
10W	0.30	0.08	0.05
20W	0.35	0.11	0.06
40	0.50	0.16	0.08
60W	0.75	0.20	0.10
100W	1.00	0.25	0.12

Vamos a realizar el cálculo del panel solar

Consumo medio.

$$C = \frac{0.65 \times 10(0.5 + 0.08)}{5} + 0.02$$

$$C = 0.77W$$

E para Ecuador = 600 KJ/cm²

Potencia media alimentada

$$S = \frac{600}{600} = 1.00W$$

La potencia alimentada excede al consumo. Un panel será suficiente.

4.3 DIMENSIONADO DE LA BATERIA.-

La determinación del tamaño de la batería es esencial para el correcto funcionamiento de la instalación con un costo razonable.

Para el dimensionado de la batería conviene tener en cuenta además, que la profundidad del ciclo diario de descarga que ésta puede soportar sin un deterioro grave de su vida, no debe superar un 5%. Si todo el consumo de la carga fuera nocturno, la limitación mencionada significaría que el tamaño máximo de la batería para una correcta vida de la misma, sería por lo menos equivalente a 20 días de consumo.

El valor correspondiente a esa profundidad máxima de descarga diaria puede variar de una batería a otra y de un fabricante a otro, pero será siempre un dato a tener en cuenta en el dimensionado.

El tamaño de la batería se lo determina en base al número máximo de días con climatología adversa que se esperan, y que es función de la latitud y del número

diario de horas equivalentes de sol nominal. En otras palabras, la capacidad de la batería en Amperios-hora (B) será la resultante de multiplicar el factor de dimensionado de la batería (F) por la carga media diaria (C), esto es:

$$B = FC$$

El factor de dimensionado de la batería (F) que viene dado en Ah/W (Amperios-hora/Watts), se lo puede obtener ya sea tomando en consideración la latitud del emplazamiento de un panel solar que alimenta una carga media de un vatio, ó en base al número diario de horas equivalente de sol nominal (H).

Lo antes mencionado es mostrado en la tabla siguiente:

Ejemplo: Consideremos el mismo ejemplo del panel solar.

Puesto que nos encontramos en el Ecuador $H = 5$ y por lo tanto el factor de dimensionado será 10.

La capacidad de la batería habrá de ser,

por lo menos de $10 \times 0,77 = 7,7$ Ah. Una batería de 85 Ah es suficiente.

La batería de 85 Ah es una batería estándar, la cual aunque parezca sobredimensionada, permite un gran margen de seguridad contra condiciones climáticas adversas prolongadas.

TABLA 6

FACTOR DE DIMENSIONADO DE LA BATERÍA		
NUMERO DE HORAS EQUIVALENTE DE SOL NOM. H	LATITUD (NORTE O SUR)	FACTOR DE DIM. DE LA BATERIA F
5	10°	10
4,5	-	15
4	20°	20
3,5	-	25
3	-	30
2,5	40°	40
2	60°	80

4.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LAS LINTERNAS ELECTRICAS.-

Para la modernización del sistema de señalización náutica, se deberá utilizar linternas eléctricas de

mediano y corto alcance, dotadas de destelladores electrónicos de estado sólido.

Es necesario destacar la importancia del papel que juega el destellador en una ayuda lumínica a la navegación, y es más que suficiente mencionar que esta unidad es el corazón, tanto de los faros, faroletas, boyas, balizas, etc., ya que es el que dá la característica lumínica de la ayuda a la navegación.

Existen dos tipos de destelladores de estado sólido: El que utiliza lámparas de doble filamento, y el que posee un dispositivo cambiador de lámparas electromecánico.

Se prefiere el uso de destelladores que utiliza lámparas de doble filamento por las razones que se enuncian a continuación.

4.4.1 Destellador electrónico de estado sólido.-

Este destellador electrónico de estado sólido, utiliza lámparas de filamento doble permitiendo la selección automática de un filamento de reserva en caso de falla del filamento de servicio, eliminando de esta forma la necesidad

de disponer de dispositivo cambiador de lámparas electromecánico. Este destellador es también compatible con los sistemas de luces de enfilación que empleen lámparas en unidad sellada de 30watts a 40watts de capacidad.

Este destellador electrónico puede ser utilizado para modernizar linternas que dependen del sistema cambiador de lámparas electromecánico. Como todos los elementos utilizados son hechos con material semiconductor, este destellador es tan compacto que puede colocarse fácilmente en el interior de las linternas, inclusive en los que utilizan destelladores a gas.

Con una entrada de voltaje que varía de 10 a 25 volt dc. el circuito regulador mantiene una salida de 10.3 volt para lámparas de hasta 100 watts. Con esta estabilidad se asegura extensa vida en el filamento y sobre todo una intensidad de luz corriente. La permanente regulación minimiza el desarrollo de temperatura en el destellador y utiliza la máxima energía disponible de las baterías; en este punto, vale la pena mencionar que el período de funcionamiento de una batería puede ser aumentado hasta en un 50%.

Uno de los rasgos más notables del destellador electrónico es la amplia variedad de caracteres lumínicos que se pueden obtener así puede proveer destellos simples, destellos en grupos (hasta 4 destellos) o destellos interrumpidos. La duración de cada destello puede ajustarse separadamente dentro de una amplia gama.

Posee una célula fotoeléctrica que acciona el conmutador diurno de estado sólido y ahorra energía en la batería y aumenta la duración de la lámpara al desconectar el suministro de poder durante el día.

También hay la posibilidad de conectar una célula fotoeléctrica externamente. El destellador electrónico de estado sólido trabaja con lámparas especiales de filamento doble, preenfocadas, que han sido diseñadas para ofrecer como mínimo 1.000 horas de duración de destellos en un filamento solo, en el caso improbable de fallo del filamento durante el período de funcionamiento de la linterna, el segundo filamento también con una duración de 1.000 horas entra en funcionamiento automáticamente.

Hay que resaltar el hecho de que este destellador no posee partes mecánicas que afecten la confiabilidad de la unidad, ya que el cambio automático del filamento que va a sustituir al que queda fuera de servicio, no se lo hace con partes móviles que están sujetas a desgastes, rupturas, falta de mantenimiento, etc., sino que la selección automática del filamento de reserva se lo realiza por intermedio de elementos electrónicos de estado sólido.

Todo lo antes mencionado nos sirve de preámbulo para hablar del destellador electrónico ELCO-12, el cual está diseñado para operar a 10.3v., para lámparas AGA ó 12v para cualquier otro tipo de lámpara. Este destellador está provisto de un moderno microcircuito compacto y de excepcional rendimiento.

4.4.1.1 Destellador electrónico ELCO-12.-

CARACTERISTICAS:

- Regulador de voltaje
- Dos etapas de salida. Opera en unión con la lámpara doble filamento

to y elimina el cambiador de lámpara. Cuando el servicio del filamento falla, el segundo filamento es automáticamente conectado. Puede también ser usado con dos lámparas de filamento simple.

- Interruptor que apaga la luz durante el día .
- La característica de la luz puede ser alterada simplemente cambiando la clavija de contacto en el microcircuito programable.
- Circuito compensador de temperatura; de alta estabilidad de operación en todo clima.
- Componentes moldeados en Resina Epoxi.
- Compatible con linternas AGA y otras marcas.

ESPECIFICACIONES:

- Destellador electrónico ELCO-12
- Voltaje de entrada 11 a 23 Vdc
- Voltaje de salida 10.3 Vdc. \pm 20%
- Potencia de salida 2 a 100W
- Corriente de fuga 0.5mA máxima

- Eficiencia 92%
- Temperatura de Operación -25 a +60° C
- Dos etapas de salida, con cambiador automático a filamento.
- Control de luz; fotoresistor interno o externo.
- Longitud de destello; cualquier múltiplo de 50 ms.
- Eclipse; cualquier múltiplo de 50ms.
- Período de tiempo; cualquier múltiplo de 50 ms. hasta 25 seg.
- Sincronización ; el destellador maestro produce un voltaje el cual resetea al destellador esclavo para el fin del período.
- Protección; invierte la polaridad y cortocircuita la salida.
- Montaje; puede ser montado en el interior de la linterna. Necesita conducto de ventilación si la temperatura excede los 60° C.
- Peso 250 Kg.

Las linternas que utilizan este destellador se detallan a continuación:

			LBEA-85	LBEA-155	LBEP-150	LBEP-300		
Difanetro del lente			85 mm	155 mm	150 mm	300 mm		
Material del lente			Policarbona <u>to</u> .		Vidrio mol <u>deado</u> .	V.Mold.		
Material de la base			Policar. <u>Ace</u> ro.	Pol.	Aleac.Al	Aleac.Al		
Destellador			ELCO-12	ELCO-12	ELCO-12	ELCO-12		
Altura			310mm	470 mm	460 mm	730 mm		
Peso neto completo			1.6Kgs	3.4Kgs	9Kgs	35Kgs		
Intensidad estacionaria			I ₀					
y divergencia vertical.								
Lamp. 10.3v	2W	20Cd	8°	40Cd	3°	20Cd	9°	-
	5W	60Cd	9°	115Cd	4°	60Cd	10°	-
	10W	125Cd	11°	230Cd	5°	115Cd	11°	-
	20W	250Cd	12°	460Cd	6°	230Cd	12°	400Cd 6°
	40W	540Cd	12°	650Cd	7°	400Cd	13°	800Cd 8°
	60W	770Cd	14°	975Cd	8°	575Cd	14°	1100Cd 9°
	100W	-	-	1465Cd	10°	865Cd	15°	165Cd 10°

CAPITULO V

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE LAS BOYAS LUMINICAS

5.1 CONFIGURACION DEL SISTEMA.-

El sistema de alimentación de la boya está compuesto básicamente por paneles solares, linterna y batería secundaria.

Existen diversos modelos de arreglos solares para boyas, todos los cuales utilizan los elementos antes mencionados.

Estos modelos se escogen de acuerdo a la región en la cual se requiere implantarlos.

Cada modelo está codificado de la siguiente manera:

$$SX_1 - 12 - X_2X_3$$

donde:

X_1 : indica tamaño del armazón o tipo de arreglo

- 12 : Sistema Nominal de Voltaje
- X_2 : Rango de Potencia del arreglo solar multiplicado por 10. Ejemplo: 8 indica 80W.
- X_3 : Capacidad de la batería en Amperios-hora multiplicado por 100. Ejemplo: 2 indica 200Ah.

Ejemplos:

1. Modelo SM - 12 - 11

SM = arreglo M

12 = 12 volt, de operación

11 = Panel Solar de 10w y batería de 100Ah.

2. Modelo SL - 12 - 124

SL = arreglo L

12 = 12 volt, de operación

124 = Panel Solar de 120W y batería de 400Ah.

Tomando en consideración lo antes mencionado, en nuestro país, se pueden usar los modelos SM y SL, dependiendo su uso de la capacidad de iluminación requerida por la boya.

Estos modelos varían entre sí en el tamaño del armazón, es por esto que se recomienda usar arreglos SL en boyas que tengan un diámetro inferior a 2m, y arreglos SM en boyas que tengan un diámetro superior a 2m.

En las Tablas 7 y 8, se pueden observar las características para cada modelo.

TABLA 7
CARACTERISTICAS DEL MODELO SL.

TIPO DE UNIDAD SOLAR	PANEL SOLAR	BATERIA	PESO DEL ARREGLO SOLAR SIN LINTERNA.	PESO DEL DEPOSITO DE LA BATERIA.	TIPO DE LINTERNA REQUERIDA.
SL-12-21	2x10W	1x100Ah	50Kgs	90Kgs	LBEA-85
S1-12-41	4x10W	1x100Ah	53Kgs	90Kgs	LBEP-150
SL-12-42	4x10W	2x100Ah	53Kgs	116Kgs	LBEA-155

TABLA 8
CARACTERISTICAS DEL MODELO SM.

TIPO DE UNIDAD SOLAR	PANEL SOLAR	BATERIA	PESO DEL ARREGLO SOLAR SIN LINTERNA.	PESO DEL DEPOSITO DE LA BATERIA.	TIPO DE LINTERNA REQUERIDA.
SM-12-41	2x20W	1x100Ah	80Kgs	90Kgs	LBEA-85
SM-12-42	2x20W	2x100Ah	80Kgs	117Kgs	LBEP-150
SM-12-82	4x20W	2x100Ah	88Kgs	117Kgs	LBEA-155 LBEP-300

Cabe mencionar que en la cabina de la batería, además de ésta y del regulador se aconseja colocar un medidor de Amperios-hora, por lo cual se recomienda usar el AHCO-60, el cual es un medidor de gran precisión.

5.2 MONTAJE DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE LA BOYA.-

Debido a pequeño espacio que requiere un sistema solar para boya, la conversión de una operación de gas a batería es hecha con facilidad.

El elemento clave de la conversión es un ensamble de conjunto solar que encaja en el pedestal de la linterna actual, justo debajo de ella. Ocasionalmente, es necesario añadir un pedestal corto al actual pedestal de la linterna, para asegurarse que el conjunto de los módulos esté por encima de la superestructura de la boya.

Los módulos están conectados eléctricamente de modo que cada uno independientemente carga a un banco común de baterías en proporción a la cantidad de luz solar recibida por cada módulo independientemente.

La cantidad de paneles (2 ó 4) depende de la potencia requerida por la boya.

Como es físicamente imposible que la boya simultáneamente dé sombra a todos los módulos, la carga máxima de corriente está continuamente asegurada.

Los módulos del conjunto solar están inclinados a un ángulo de 30° del plano horizontal, colocados de manera que miren en diferentes direcciones.

La cabeza solar de la boya está provista con una caja de empalme que se conecta a los módulos solares. También se incluyen dos cables adicionales, uno a la linterna y uno a la batería; este último llevado a través de un tubo, el cual a la vez sirve como conducto de ventilación para la misma.

La batería se la coloca en la cavidad en la cual se encontraban los cilindros de acetileno. Esta batería o banco de baterías va colocada junto con un regulador de voltaje y en muchos de los casos con un medidor de corriente.

5.3 DIAGRAMA COMPLETO DEL SISTEMA.-

Los diagramas de los arreglos solares tipos SL y SM con todas sus características se muestran en las figuras respectivamente.

En ambos diagramas se muestra el tipo de boyas existente en nuestro país y su adaptación al conjunto solar.

Cabe mencionar que los diagramas mostrados son proporcionados por la Compañía AGA (AGA NAVIGATION AIDS LTD.).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio muestra:

- Al sol como la alternativa más efectiva para generación de energía, considerando que es una fuente inagotable y que su costo es gratis.
- Muchas de las ventajas que se obtienen con el uso de la energía solar fotovoltaica en el área de la navegación marítima.
- La necesidad de INOCAR de modernizar las señales marítimas, considerando las nuevas reglas de navegación aprobadas por el IALA, organismo del cual forma parte nuestro país.
- Los últimos avances de la electrónica en el área de la radionavegación, al dotar a un circuito como el destellador electrónico de todas las características requeridas por las nuevas reglas de señalización marítima, reemplazando a sistemas complejos y obsoletos para nuestros días.

Se recomienda:

- Que se tome a este estudio como proyecto de carácter prioritario y que se lo realice a corto plazo.
- Debido a que el número de boyas que van a ser cambiadas es considerable, este cambio debe ser hecho por etapas, esto es, tomando la entrada del Golfo de Guayaquil, como referencia, se tendría:

Etapas A "Canal del Morro"

Etapas B "Estero Salado"

Etapas C "Puerto Marítimo de Guayaquil"

Etapas D "Canal Jambelí - Río Guayas"

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

1. REPORTE WORKSHOP ON NEW AND RENEWABLE SOURCES OF ENERGY. International Association of Lighthouse Authorities (I.A.L.A.), Oslo, Noruega, 20-24 Septiembre, 1982.
2. SOLAR POWERED BUOYS. Tideland Signal Corporation, Enero, 1980.
3. SOLAR PHOTOVOLTAICS. Tideland Signal Corporation.
4. SISTEMA DE ALIMENTACION POR ENERGIA SOLAR. AGA.
5. AYUDAS A LA NAVEGACION. AGA, 1983-1984.
6. SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARITIMO AISM-IALA. INOCAR, División Ayudas a la Navegación, 1982.
7. LISTA DE FAROS DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. INOCAR, División Ayudas a la Navegación, 1984.
8. SEMINARIO: ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA. Ing. Carlos Becerra, ESPOL, 1984.
9. LA CELULA SOLAR. Gerardo L. Araujo

10. LA RADIACION SOLAR. José María Ruíz
11. GENERADOR FOTOVOLTAICO DE PANEL PLANO. Gabriel Sala
12. ELECTRICIDAD SOLAR DE ORIGEN FOTOVOLTAICO. Antonio Luque
13. LA ENERGIA SOLAR. J.I.B. Wilson