

I

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN LA  
ESPECIALIZACION DE ELECTROTECNIA DE LA ESCUELA POLITECNICA  
NACIONAL

"PROYECTO PARA LA ILUMINACION Y SEÑALIZACION LUMINICA DE LA  
PISTA DE ATERRIZAJE DEL AEROPUERTO MARISCAL SUCRE DE QUITO"

RODRIGO E. JIJON FERRI

Quito, Setiembre de 1.965

Certifico que esta tesis ha sido trabaja-  
da por el Sr. Rodrigo Jijón Feni

Doy fe  
Doy fe

D E D I C A T O R I A

A mis Padres y

A mi Esposa.

## IV

### INDICE DE MATERIAS

#### CAPITULO I

	Página
INTRODUCCION	
1.- OBJETO Y DESCRIPCION GENERAL DEL TRABAJO . . . .	1
2.- CLASIFICACION DE AEROPUERTOS . . . . .	11
3.- AEROPUERTO "MARISCAL SUCRE" DE QUITO . . . . .	18

#### CAPITULO II

##### ESTUDIO DEL SISTEMA DE ILUMINACION Y SEÑALIZACION A USARSE

1.- CLASIFICACION DE LAS LUCES SEGUN SU FUNCION . . .	23
---	----

#### CAPITULO III

##### DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION Y SEÑALIZACION

1.- LOCALIZACION DE LAS LUCES . . . . .	62
---	----

V

CAPITULO IV

	Página
CALCULO DE LOS CIRCUITOS ELECTRICOS DEL SISTEMA	
1.- SELECCION DEL EQUIPO DE ILUMINACION . . . . .	90
2.- CALCULO DE LOS CIRCUITOS . . . . .	95
3.- SELECCION DE LOS DISPOSITIVOS DE REGULACION DE CORRIENTE PARA LOS CIRCUITOS . . . . .	121
4.- TABLERO DE CONTROL . . . . .	129
5.- LISTA DE MATERIALES . . . . .	132

CAPITULO V

SISTEMA DE ALIMENTACION DE ENERGIA ELECTRICA DEL AEROPUERTO . . . . .	152
CONCLUSIONES . . . . .	158
INDICE DE DIAGRAMAS . . . . .	164
REFERENCIAS . . . . .	165
BIBLIOGRAFIA . . . . .	166

## C A P I T U L O I

### 1.-INTRODUCCION

1.1.- Una de las principales preocupaciones del hombre - en todos los tiempos, ha sido la de obtener mejores medios - de transporte.

Se ha observado, como regla general, que el desarrollo y adelanto de las ciudades corre paralelamente con el de sus medios de transporte y comunicaciones.

En un comienzo, uno de los pocos medios de transporte que disponfa el hombre, era el agua y es por eso que - la mayoría de las ciudades se formaron y crecieron junto a - ella, ya sea junto al mar o junto a los ríos navegables. A - aquellas interiores, se vieron en la necesidad de comunicarse entre sí y con las costaneras por lo que construyeron las -- primeras carreteras, por cierto pocas y muy malas, que servían para coches y diligencias realizando viajes sumamente - largos y penosos. A pesar de ésto, se comerciaba y negociaba entre las ciudades y éstas obtuvieron un notable crecimiento y desarrollo.

Con el invento de los vehículos motorizados, las - ciudades adquirieron nueva contextura, y aquellos se constituyeron en el principal medio de transporte.

La introducción del ferrocarril, dió al hombre un

nuevo medio de transporte de grandes cantidades de carga y pasajeros, incrementando en forma vertiginosa el desarrollo de las ciudades y el intercambio comercial y cultural.

Cabe anotar, que el vehículo pequeño ha traído consigo la descentralización de las poblaciones; mientras, el ferrocarril tiende a concentrar en la menor área posible, dada la limitación que tiene.

Pero el mayor invento en cuanto a medios de transporte se refiere es el avión que unió ciudades, países y continentes, con vuelos directos y en corto tiempo; mas aún, se pudo llegar a lugares casi imposibles de llegar con los medios de transporte antes existentes.

Los hermanos Orville y Wilbur Wright, aprovechando los estudios y pruebas realizadas hasta su época, ensayaron el 17 de diciembre de 1903 el biplano "Wright Flier" impulsado por un motor de 12 HP con el que recorrieron 170 metros en 12 segundos.

A partir de esta época se hicieron grandes avances en la aviación; se fijaron los principios básicos de estabilidad en el aire y, conforme ha ido aumentando el tamaño, peso y velocidad de los aviones, se han necesitado pistas de aterrizaje cada vez más grandes de acuerdo a las características de cada tipo de avión.

En la actualidad existen diversos tipos de trans-

porte tanto en la tierra como en el aire y en el agua y cada uno de ellos tienen sus ventajas e inconvenientes y su aplicación y uso dependen de las condiciones y medios en los que ellos actúan.

Es lo ideal y la tendencia actual, coordinar los diversos medios de transporte de tal manera que el servicio que presta el uno esté en armonía y sea complementado por el servicio de los demás. En largas distancias el transporte aéreo no debe tomar lo que el transporte marítimo pueda llevar en mejores condiciones, y viceversa; cosa similar debe ocurrir en distancias medianas entre aerovías, ferrocarriles y caminos: el ferrocarril sirve mejor que el avión en puntos intermedios y, mejor aún el vehículo caminero.

Las ventajas del transporte aéreo provienen de la mayor rapidez y las trayectorias más directas.

La rigidez del itinerario y poca frecuencia de salidas es un factor desfavorable para el transporte marítimo, lo que se ve compensado porque se ocupan naves de gran capacidad de carga y pasajeros. En este aspecto, el avión y, sobre todo el vehículo caminero de poca capacidad pero de gran frecuencia está mucho más de acuerdo con las necesidades y preferencias del público pues esto brinda una gran facilidad de movilización para negociaciones, comercio y otras actividades.

Como ya se dijo anteriormente, el vehículo caminero tiende a la descentralización. Cosa similar sucede con el transporte aéreo pero, en mayor escala, ya que la gente puede movilizarse fácilmente a lugares más distantes y en poco tiempo. Ya tenemos un ejemplo práctico en nuestro País, en las regiones orientales, donde existen poblaciones cuyo único medio de conexión con la civilización es el radio y el avión, ya que hasta hoy no se puede llegar allá en un vehículo terrestre o a pie, en poco tiempo tanto por las dificultades ofrecidas por la tupida vegetación, como por el peligro que encierra la selva.

Se ha visto ya, en ciudades industrializadas que han comenzado a utilizar esta ventaja ofrecida por el transporte aéreo, que gran parte de las industrias se han instalado en los alrededores de los aeropuertos y, en muchos casos, grandes organizaciones comerciales han creado sus propias flotas de aviones en igual forma que lo que sucede con el ferrocarril.

Una ventaja más del transporte aéreo, es su utilización en la desinfección de las plantaciones por medio de fumigación; lógicamente, esto significa un mayor desarrollo de la agricultura.

En general, se puede decir que el desarrollo de los medios de transporte ayuda al desenvolvimiento de todas

las actividades humanas, comerciales, industriales, culturales, de recreo, etc..

En fin, después de lo expuesto, se explica la nece cidad de disponer del mayor número de facilidades para que los transportes funcionen normalmente y sin tropiezos.

En este estudio trataré de los terminales aéreos, los cuales deben disponer, de todas las facilidades tanto pa ra la llegada de los aviones como para la salida y para el tráfico terrestre de los mismos dentro del área de aterrizaje, pues una falla en el aterrizaje o despegue ya sea por de fecto del avión o por falla de la ayuda del terminal o de la torre de control es tan peligroso como una falla en pleno -- vuelo.

Mirando desde otro punto, es bastante molesto pa ra la compañía de transportes y para los pasajeros, el tener que hacer varios intentos de aterrizaje cuando por mal ade cuamiento de las pistas o por malas condiciones de visibilidad ha fallado el primer intento pues esto significa una --- gran pérdida de tiempo y un enorme gasto de combustible para el avión que opera en esos momentos a bajas velocidades.

Pero ésto no sería tan grave como el tener que sus pender un aterrizaje y regresar al punto de partida o, tal - vez, buscar un aeropuerto cercano con buenas condiciones de visibilidad que le permitan hacer un aterrizaje seguro. Mu-

chas veces este problema ha sido el causante de fatales accidentes pues, especialmente los aviones de grandes velocidades o de gran capacidad no pueden llevar suficiente combustible de reserva. Tampoco es agradable para la compañía de transportes ni para los pasajeros el tener que suspender un vuelo por causa de nieblas bajas o de densas lluvias.

Además, la instalación de facilidades en un aeropuerto, significa que los itinerarios de vuelo no serán alterados mayormente y que los vuelos podrán efectuarse a cualquier hora del día o de la noche.

Debe haber una estrecha relación entre el aeropuerto y sus instalaciones de aterrizaje a causa de la inversión del capital requerida para construir nuevas instalaciones en dimensiones y número. Por otra parte, estas instalaciones deben ser concebidas para un mayor grado de permanencia y estabilidad. La comunidad que no provea facilidades de aterrizaje para responder a las exigencias para transporte aéreo y privado, industrial o regular, perderá los beneficios inherentes al vuelo y se retrasará con relación a los otros pueblos y ciudades más progresistas que se acompañen con el crecimiento económico nacional e internacional.

La medida completa de la utilidad de cualquier avión no puede ser obtenida sin preparativos adecuados de facilidades de despegue y aterrizaje para su funcionamiento; -

estas instalaciones deben estar de acuerdo con el tipo de -- servicio que deben rendir si se ha de realizar con el máximo de seguridad y utilidad.

La cuestión de seguridad es verdaderamente importante ya que el vuelo ha llegado a ser un medio de viaje comúnmente aceptado y si el transporte aéreo juega un papel -- principal en el desenvolvimiento social y económico de una -- nación, impera la necesidad de completar las vías aéreas existentes lo más pronto posible, y al mismo tiempo dotar a -- los aeropuertos de las ayudas indispensables.

Las instalaciones mencionadas consisten en iluminar la pista de aterrizaje, iluminar los aparatos de señalización o señalar con aparatos lumínicos y señalar los obstáculos para que, en condiciones de mala visibilidad, el piloto pueda darse cuenta de lo que tiene bajo y delante suyo y para que pueda distinguir donde está localizado el aeropuerto y por donde dirigirse para tomar la pista en la cual debe aterrizar.

Equipar a un aeropuerto con estas facilidades, significa una seguridad para los pasajeros, una garantía para -- los objetos que se transportan, una mayor solidez de las compañías de transporte y una seguridad para los pobladores que viven cerca de los límites del área de aterrizaje.

El alumbrado de la mayoría de los aeropuertos debe

clasificarse hoy día como para el tipo DC-4 y ni el equipo - ni los métodos han cambiado sustancialmente desde 1.947 (1) entre tanto el DC-4 va desapareciendo y también el DC-6 ha - pasado de su apogeo. El DC-7 y los "Superconstellation" son los que mayor servicio prestan y, muy pronto serán suplantados por los aparatos de reacción.

Cada vez se construyen aviones más rápidos y pesados y su facilidad de maniobra se ve limitada a bajas velocidades de manera que el piloto debe distinguir la pista tan pronto como sea posible y cerciorarse de lo que las líneas de luces significan.

Felizmente los instrumentos para el descenso han pasado ya sus pruebas preliminares; el alumbrado desempeñará muy pronto su papel primordial que es proporcionar una guía visual que permita al piloto vigilar e interpretar debidamente el trabajo de los radares y efectuar un aterrizaje visual.

Hasta que el equipo necesario para estos radares exista en ambos extremos de todas las pistas, las luces tendrán que encargarse de todas las operaciones en tiempo despejado o sea, según las normas de vuelo visual cuando la dirección del viento impida el empleo de la pista de instrumentos.

El objetivo del presente trabajo es hacer un estudio de la iluminación de la pista de aterrizaje del aeropuerto "Mariscal Sucre" y de la señalización lumínica de las ayu

das con que contará y, también, los obstáculos que existen - en su alrededor.

El trabajo que realizaré es relativamente nuevo en nuestro País pues sólo cuenta con este servicio de pista de aterrizaje del aeropuerto de la ciudad de Guayaquil. Sin embargo, el trabajo mismo, no tiene nada de nuevo ya que en otros países se ha alcanzado un grado bastante alto de desarrollo, debido también al avance de los transportes aéreos en ellos.

Los siguientes datos estadísticos pueden dar una idea del crecimiento del tráfico aéreo en Ecuador desde 1961 hasta 1973:

CRECIMIENTO DEL TRAFICO AEREO INTERNACIONAL (2)

Año	Pasajeros	Carga (Ton. M.)
1957	36.357	1.400
1958	35.835	-
1959	50.686	-
1960	57.173	1.500
1961	53.603	1.600

En el período se nota un crecimiento anual del 10% en pasajeros y de 3,5% en carga.

Se estima, para los períodos 1.961-1.968  
1.968-1.973, lo siguiente:

Para tráfico internacional:

Años	Porcentaje anual		Total al final del período	
	Pasajeros	Carga (Ton. M.)	Pasajeros	carga (Ton. M.)
1.961/68	10	5,0	105.000	2.250
1.968/73	12	6,5	185.000	3.100
Para tráfico "Local":				
1.961/68	8	4,0	225.000	5.400
1.968/73	6	3,0	300.000	6.250

Es preciso hacer notar que el estudio en los siguientes capítulos está encuadrado dentro de las normas americanas dictadas por la "Federal Administration" de los Estados Unidos de Norteamérica (F.A.A.) que, con su experiencia ha logrado establecer ciertas reglas que permiten al ingeniero elaborar un proyecto dentro de las seguridades y conveniencias necesarias.

Estas normas, por su calidad rigen dentro de los EE.UU. y en los países americanos y, como nuestro País se halla entre ellos, es conveniente adoptarlas para que exista una mejor comprensión, por parte de los pilotos que lleguen al aeropuerto "Mariscal Sucre" pues, como es de suponerse, ellos están trabajando en aeropuertos instalados bajo estas normas. Además, siendo EE.UU. un país que tiene nexos aéreos con todo el mundo, sus instalaciones son conocidas por todos, de tal manera que, seguir sus normas, me parece una medida bastante lógica.

Así pues, en el proyecto explico en forma sencilla y detallada el proceso normal que debería seguirse para dotar de iluminación a un aeropuerto, en este caso, el Aeropuerto "Mariscal Sucre" de Quito.

No comprende este estudio la iluminación interior del edificio terminal ni de los hangares sino, solamente, lo que se refiere a ayuda para el piloto en el aterrizaje y despegue es decir, señalización de lo que significa obstáculo a la navegación aérea dentro y fuera de aeropuerto tales como edificios, torres, chimeneas, líneas de transmisión de energía eléctrica y líneas telefónicas cercanas, elevaciones naturales, etc., iluminación de la pista de aterrizaje en toda su trayectoria y señalización de las demás ayudas con que contará el aeropuerto.

#### I.2.- Clasificación de aeropuertos.-

Tratar de hacer una clasificación de los aeropuertos en grupos bien delineados que se distingan unos de otros, es tarea bastante difícil, dada la gran cantidad de aeropuertos que existen y las diversas actividades que desarrollan.

Por esta razón, no podré hacer una clasificación general sino varias, ya sea partiendo de las actividades de vuelos, de la aglomeración urbana servida y de las dimensiones que tendrán los aeropuertos según el lugar en que se los clasifique.

Según las modalidades de vuelos los aeropuertos po  
drán clasificarse así:

- a) Militar,
- b) Particular,
- c) Comercial sin itinerario,
- d) Comercial con itinerario.

Los aeropuertos de operación militar son aquellos destinados a vuelos de observación y reconocimientos militares, combates, vigilancia, transporte de personal y carga y otras actividades militares, como vuelos de prueba y entrena  
miento personal.

Como estos vuelos presentan un continuo peligro a la población e instalaciones cercanas, deberán estar localizados en lugares apartados y deberán gozar de todas las faci  
lidades para acceso y despegue de aviones a cualquier hora y cualesquiera que sean las condiciones de visibilidad.

Los aeropuertos particulares son los ocupados por aviones pequeños para vuelos locales, para excursiones, para mercado de aviones, escuelas de aviación, etc., que no ofrecen regularidad en los vuelos. Estos aeropuertos no necesi -  
tan de todas las facilidades pues no están obligados a vue -  
los a menos que las condiciones atmosféricas lo permitan.

Los aeropuertos comerciales sin itinerario serán -  
los destinados a vuelos de prueba de fábricas de aviones y -

motores, operaciones de base fija, escuela avanzada de vuelo, entrenamientos de vuelo, carga no regular, policía aérea, vigilancia forestal, plagas de campo, fotografía y cartografía, salvamento, investigaciones científicas, reconocimientos varios, etc.

Por la actividad que prestan estos aeropuertos, deberán gozar ya de ciertas facilidades, como la iluminación de la pista, radio, faros de identificación, luces de obstáculo, etc., ya que muchas veces deberán efectuarse vuelos -- aún en malas condiciones de visibilidad, como por ejemplo para una operación de salvamento.

Por último, los aeropuertos comerciales con itinerario comprenderán aquellos en los que se realizan vuelos: Locales, en línea o derivados, funcionamiento en cortos tramos, vuelos nacionales, internacionales, continentales e intercontinentales, que pueden ser de pasajeros, de carga o -- combinados.

Estos aeropuertos no pueden permitir una suspensión de un aterrizaje ni de un despegue, por razones indicadas antes en este capítulo. Por lo tanto, deberán disponer de todas las ayudas necesarias para ello.

Probablemente, en el futuro, se podría hacer una nueva agrupación de aeropuertos, poniendo en ella a aviones de grandes compañías industriales y comerciales que estarían

destinados tan sólo a carga.

Como puede uno darse cuenta, es muy difícil la existencia de aeropuertos que estén sólo dentro de una categoría de las indicadas. Esto no quiere decir que no los haya, pero generalmente se aprovecha un aeropuerto para servicio militar y civil, para servicio comercial y particular, etc. de acuerdo a las poblaciones servidas..

Otra clasificación podría hacerse a base del área servida por los aviones que ocupan cada aeropuerto. De esta manera, la clasificación sería como sigue:

- a) Local,
- b) Regional,
- c) Nacional,
- d) Internacional o continental,
- e) Intercontinental.

Esta clasificación es bastante clara pues se basa simplemente en el área servida por los aparatos, sin hacer discriminación del servicio que prestan.

Para lograr una clasificación más definida, sería necesario considerar no sólo uno o dos aspectos sino debería hacerse una clasificación en relación a muchos aspectos de las ciudades a las cuales ellos servirán, como son el número de habitantes, popularidad del transporte aéreo, ubicación de la red aérea, otros medios de transporte, producción transferible, abastecimientos transportables, etc.

Bajo este criterio más amplio la F.A.A. ha hecho una clasificación de los aeropuertos, de la siguiente manera:

#### **AEROPUERTOS DE CLASE**

##### **CLASE 1.-**

Aeropuertos de pequeñas poblaciones que no quedan en las actuales o futuras redes de transportes y aeropuertos auxiliares de grandes ciudades, dedicados a actividades de los particulares.

Aviones de hasta 2 toneladas o con número índice (3) de hasta 190. Fajas de aterrizaje de 550 a 800 metros, sin pista pavimentada y en número suficiente para aprovechamiento de 70% del tiempo total (en relación con la imposibilidad de aterrizar con vientos oblicuos que produzcan una componente transversal mayor de 16 Kilómetros por hora).

Instalación de cerramientos, desagües y drenajes, senales, indicador de viento, hangar, luz, agua, teléfono.

##### **CLASE 2.-**

Poblaciones de 5.000 a 25.000 habitantes con actividad aérea considerable, ubicadas en actuales o futuras líneas aéreas de transporte.

Aviones de hasta 7 toneladas o con número índice de hasta 230. Fajas de aterrizaje de 800 a 1.100 metros de largo con pistas pavimentadas en número suficiente para aprovechamiento del 75% del tiempo.

Instalaciones de la misma especie de la clase 1 y además, luces de contorno de pista, taller, bombas de bencina y aceite, información del tiempo, oficina, estacionamiento de automóviles.

CLASE 3.-

Ciudades importantes de 25.000 a varios centenares de miles de habitantes, ubicados en sistemas de transporte aéreo.

Aviones de hasta 23 toneladas o con número índice de hasta 330. Fajas de aterrizaje de 1.100 a 1.400 metros, con pistas pavimentadas en número suficiente para aprovechamiento del tiempo en un 80%.

Instalaciones de la misma especie que en la clase 2 y, además, observatorio del tiempo, radio control de tránsito, torre de control, sistema instrumental de aterrizaje, pistas de rodado, lozas de estacionamiento y edificio de administración.

CLASE 4.-

Ciudades que son centros importantes de la producción o del consumo nacional en que el aeropuerto es terminal de una línea o un empalme importante de la red.

Aviones de hasta 33 toneladas o con un número índice de hasta 450. Fajas de aterrizaje de 1.400 a 1.700 metros con pistas pavimentadas en número suficiente para aprovechar

el 90% del tiempo.

Instalaciones de la misma especie que en la clase 3

CLASE 5.-

Ciudades descritas como las de la clase 4.

Aviones de hasta 70 toneladas.

Instalaciones de la misma especie que en la clase 4.

A continuación se indica la dotación del equipo de iluminación que se requiere para cada clase de aeropuerto.

CLASE 1.-

Faro de aeropuerto, luces de contorno, luces de --  
obstrucción, iluminación del cono del viento.

CLASE 2.-

Lo anterior y luces de la pista.

CLASE 3.-

Lo anterior y "T" o tetrahedro indicador del vien-  
to con luces, iluminación aérea de aterrizaje y de las lozas  
de estacionamiento y proyector de cielo.

CLASE 4 y 5.-

Lo anterior y luces de pistas de rodado y luces de  
aproximación en pistas instrumentales.

Se observa que los aeropuertos de la clase 4 y 5 -  
están equipados para aterrizaje instrumental o sin visibili-  
dad, dependiendo del uso de las luces de aproximación.

Corrientemente los aeropuertos de la clase 4 y 5 -

tienen un movimiento superior a 40 operaciones (aterri-zaje y despegue) por hora, que es el máximo que permite una pista, por lo cual hay que dotarlo de pistas adicionales paralelas. En este caso, cada pista resulta capaz de 60 operaciones por hora porque una se destina a despegue y la otra a aterri-zaje.

Aunque un aeropuerto de la clase 5 es capaz de recibir los aviones más grandes, se ha hecho sentir la necesidad de construir super-aeropuertos o aeropuertos de clase 6, debido a que grandes aviones necesitan pistas más largas -- cuando despegan cargados con cantidades de combustible del orden de 40.000 litros, en viajes sin escalas de 4.000 a --- 10.000 Km. Estos super-aeropuertos resultan económicos de -- construir en ciudades como New York, Chicago y otras en que se espera tener entre 240 y 360 operaciones por hora.

### I-3.- AEROPUERTO "MARISCAL SUCRE" DE QUITO.-

Hasta aquí, he descrito en pocas palabras la necesidad de dotar a un aeropuerto de las facilidades indispen-sables para prestar un servicio seguro y regular y he presen-tado las maneras conocidas de clasificar los aeropuertos, en general, así como una breve descripción del proyecto que voy a realizar, o sea, la iluminación del área de aterri-zaje del Aeropuerto "Mariscal Sucre" de la ciudad de Quito.

A continuación haré algunas consideraciones que me permitirán ubicar al Aeropuerto "Mariscal Sucre", dentro de

una categoría tal, con el objeto de especificar las necesidades del mismo y poder seguir adelante con el estudio que me ocupa.

La ciudad de Quito se halla a 2.800 m. sobre del nivel del mar; es una ciudad que cuenta con unos 539.000 habitantes. Como capital de la República, está unida a todas las ciudades por medio de una red aérea internacional, servida por compañías nacionales y extranjeras. Para tal servicio, esta ciudad cuenta con el aeropuerto "Mariscal Sucre" que -- tiene una pista de 3.120 metros de longitud y 46 metros de -- ancho, pavimentada en su totalidad.

Por otra parte, Quito está servida por la carretera Panamericana, lo que le une con todos los pueblos de la Sierra y, por medio de carreteras laterales con todos los -- pueblos del Ecuador. Es decir, Quito es una ciudad que está conectada con todos los pueblos y países ya sea por vía terrestre como por la vía aérea. Esto hace de Quito, un centro cultural y comercial de bastante movimiento, lo que justifica la existencia de un aeropuerto como el que tiene, y -- exige la instalación de uno de mejores características o, -- por lo menos, una adecuación mejor al existente.

Sobre este punto, la Dirección de Aviación Civil -- tiene planeados proyectos de construir un nuevo aeropuerto en una zona rural de Quito, pues el actual aeropuerto ya se

encuentra en la zona urbana; además como se ha indicado antes, un aeropuerto debe disponer de dos o más pistas en distintas direcciones para aprovechar en mejor forma la dirección y fuerza del viento, lo que no es posible en el Aeropuerto "Mariscal Sucre", debido a su situación geográfica. Como la instalación de un nuevo aeropuerto es obra muy posterior, es necesaria la adecuación debida del aeropuerto existente por las razones ya indicadas y porque ya se están haciendo estudios sobre la instalación de radiofaros, además de los ya instalados en Condor-Cocha y en el sitio denominado Monjas del Sur, que son radiofaros omnidireccionales capaces de dar una guía a los aviones para que se acerquen al aeropuerto, pero a una altura de 13.000 pies aproximadamente, lo que no permite que los aviones lleguen hasta la pista misma, como lo harían si el aeropuerto tuviera servicio de aproximación instrumental. Los aviones llegarán alineados con la pista pero, si no la distinguen desde esa altura, tendrán que elevarse nuevamente.

En un principio, la pista de aterrizaje se abrirá sólo para operaciones diurnas en condiciones de buena visibilidad o con el techo de nubes bastante alto o con niebla no muy espesa. Esto se debe a la sencilla razón de que todavía no existe en el Ecuador un sistema de radiofaros ni de faros luminosos que marquen las rutas y puedan guiar a --

los aviones cuando no se pueda efectuar un contacto visual - ni tampoco se dispone en el aeropuerto de radiofaros que permitan a los aviones llegar hasta una altura suficiente como para que distingan a la pista aún en condiciones de mala visibilidad. Posteriormente, cuando haya un sistema de radiofaros que marquen las rutas y de radiofaros para aproximación a baja altura a la pista, el aeropuerto podrá abrirse aún -- por las noches y en malas condiciones de visibilidad.

El aeropuerto de Quito, a más de servir a compañías civiles, sirve a la Fuerza Aérea Ecuatoriana que efectúa vuelos sin ningún horario fijo y sin depender de las condiciones atmosféricas.

Por lo tanto, es preciso dotar a este aeropuerto - de las ayudas necesarias para proteger la vida de los pilotos, la integridad de los aparatos y de las viviendas y gentes que hay en los alrededores del área de aterrizaje y para satisfacer la demanda creciente del transporte aéreo.

Para ubicar a este aeropuerto dentro de un grupo - dado por la F.A.A., se considerarán los siguientes puntos:

Número de habitantes de la ciudad: 539.000 aproximadamente;

Quito se considera como un punto muy importante de la red aérea nacional e internacional;

Los aviones que se sirven de la pista de este aero

puerto pasan del número índice de 450 y su peso excede de las 33 toneladas;

En cuanto a su longitud, tiene casi el doble de la mínima requerida para aeropuerto de clase 5;

Cuenta con una sola pista de aterrizaje, lo que no le permite aprovechar un gran porcentaje del tiempo para el aterrizaje.

Por otro lado, en el Plan Nacional de Transportes se ha clasificado a los aeropuertos Nacionales en tres grupos, siendo ellos: Internacional, Local y otros.

El aeropuerto de Quito, junto con el de Guayaquil consta entre los Internacionales y, en nuestro país son los únicos que podrían llamarse modernos por estar contruídos - con las comodidades indispensables. Estos aeropuertos tienen autorización para operar con aviones a propulsión.

Considerando estas características aisladamente, - se lo podría ubicar en cualquiera de las clases dadas anteriormente pero, considerando la importancia de este aeropuerto y todas las características en conjunto, se lo puede clasificar como aeropuerto de la clase 4 y, por lo mismo, contará con todas las ayudas que le corresponde. Así, al mejorar el servicio, ganará en prestigio y junto con ello, la ciudad progresará.

## C A P I T U L O   I I

### 2.- ESTUDIO DEL SISTEMA DE ILUMINACION Y SEÑALIZACION A USAR-

#### SE

##### 2-1.- Clasificación de las luces según su función.-

Bajo este capítulo haré un estudio de los sistemas con que se puede iluminar una área de aterrizaje así como -- las características de las luces utilizadas en cada caso.

Un breve análisis del procedimiento que debe seguir un avión que llega a un aeropuerto para realizar el aterrizaje, servirá para entrar al tema de este capítulo; es decir, las maniobras que debe hacer el piloto desde que se aproxima al aeropuerto hasta que llega a la plataforma de parqueo, en tiempo de buena visibilidad.

Una vez que el piloto ha divisado el aeropuerto, -- desde la torre de control se le asigna la pista en la cual -- debe aterrizar cuando el aeropuerto dispone de dos o más pistas ya que, en lo posible, el aterrizaje debe efectuarse en contra de la dirección del viento o, a lo más con una desviación de  $22,5^{\circ}$  lo que da una componente transversal del viento, despreciable. Cuando el aeropuerto dispone de una sola -- pista de aterrizaje como el de este proyecto, la selección -- se hará solamente entre los dos extremos de la pista.

El avión se acerca al aeropuerto a una altura de -- 600 metros e inicia un giro hacia la izquierda en torno al --

centro del mismo y con un radio de unos 5 kilómetros si el aeropuerto es de clase 4 ó 5. Este radio es menor para aeropuertos más pequeños: de 2 Km. para los de clase 3.

En seguida, el piloto recorre una trayectoria para lela a la pista en sentido contrario al de aterrizaje como se indica en la posición A de la figura 2-1, y solicita auto rización para aterrizar. La torre de control autoriza al piloto por medio de radio o bien, por medio de una lámpara de destellos después de lo cual el avión toma la pista siguiendo la curva de la posición B de la figura. Si no es autoriza do, continúa el giro, según C.

Cuando ha aterrizado, el avión sigue rodando hasta llegar a la calle de entrada que le corresponde por la cual se dirige a la loza de estacionamiento del aeropuerto.

Para la operación de despegue, el avión se dirige por la pista de rodado correspondiente al extremo de la pista que se le asigne o, en este caso, al extremo que se la asigne de la pista. Pero antes de ingresar en ella, prueba -- sus motores y espera recibir autorización para partir. Una vez en el aire, gana altura y abandona el aeropuerto girando hacia la izquierda como se indica en la posición D de la figura 2-1, desde donde busca su ruta hasta incorporarse en -- ella.

Cuando las condiciones de visibilidad son malas, -

los pilotos no pueden efectuar contacto visual y se guían -- por medio del radiofaro que los lleva hasta cerca de la pista y en dirección a ella hasta que el piloto pueda distinguir visualmente y pueda planear hasta tocar tierra.

El radiofaro se ubica en la prolongación de la línea central de la pista y a unos 3 Km. del extremo de la misma.

De todas maneras, sea que se efectúe el aterrizaje o el despegue en condiciones de buena o mala visibilidad, será necesario que el piloto pueda distinguir los contornos de la pista, las ayudas instaladas y todos los objetos que signifiquen un obstáculo a la navegación aérea ya que, para estas operaciones dispone de muy poco tiempo.

Una vez que el piloto ha vencido todos los obstáculos naturales o artificiales, inicia las maniobras de aterrizaje.

Así, el piloto <sup>que</sup> se aproxima al área de aterrizaje, irá encontrándose con las diferentes ayudas que le servirán para franquear las dificultades y poder efectuar un buen aterrizaje. Las ayudas pueden clasificarse como DIRECTAS, aquellas que el piloto ve y puede interpretar por sí mismo lo -- que ellas significan y ayudas INDIRECTAS, las que llegan al piloto por intermedio de la torre de control. Esto último -- quiere decir que las ayudas instaladas son observadas por el

operador de la torre de control y, luego, son transmitidas - al piloto.

Las ayudas lumínicas que debe disponer un aeropuerto de la clase del Aeropuerto "Mariscal Sucre" de Quito, son las siguientes:

- 1.- Faro para indicar el emplazamiento del campo y la dirección de las rutas;
- 2.- Lámparas de señalización de obstáculos;
- 3.- Lámparas de contorno para límites del campo;
- 4.- Lámparas de umbral, luces de aproximación;
- 5.- Luces de pista de aterrizaje;
- 6.- Luces de las calles de acceso;
- 7.- Lámparas del cono indicador de la dirección del viento;
- 8.- Proyectores de altura para indicar la posición de las nubes o de la niebla;
- 9.- Indicadores de permiso y de prohibición de aterrizaje;
- 10.- Proyectores para el alumbrado de explanadas o lozas de estacionamiento.

De todas estas ayudas se puede decir que casi todas son directas a excepción del cono indicador de la dirección del viento que muchas veces el piloto no puede distinguir antes de efectuar un aterrizaje, y del proyector de -

altura de las nubes o de la niebla.

Debe notarse en la numeración anterior que las ayudas se refieren casi exclusivamente al avión que llega y esto se debe a que el avión que sale del aeropuerto no encuentra mayores dificultades en las maniobras pues sólo mente tiene que salir de la pista y encaminarse en su ruta, sin mayor dificultad.

Los faros giratorios utilizados para indicar el emplazamiento de los aeropuertos, son faros de alta intensidad lumínica con el objeto de que sean distinguidos desde varios kilómetros de distancia. Estos faros deben emitir un haz alternativamente blanco y verde con lo que indican la existencia de iluminación artificial en la pista de aterrizaje. Es-

Estos faros giratorios deben estar localizados en sitios que sean visibles desde cualquier punto que se acerque un avión. Por esta razón, generalmente se los coloca sobre la torre de control que es bastante alta y, cuando este sitio no permite una buena visibilidad, se los puede montar sobre una estructura especialmente construída, de hierro o de madera.

Los faros giratorios no deben emitir más de 40 ni menos de 12 destellos por minuto, lo que corresponde a una velocidad mínima de rotación del faro, de unas 6 revoluciones por minuto. El período de obscuridad será igual a la mi-

tad del período iluminado.

A más de estos faros existen los llamados faros de identificación que se usan cuando un aeropuerto se encuentra dentro de una ruta aérea y se lo quiere identificar. Ellos - deben contar con un sistema de destellos codificado en el alfabeto morse internacional que identifique al aeropuerto. No podrá emitir más de dos letras en el código morse internacional con destellos y con un adecuado período luminoso en un - lapso total de 12 segundos. Se localizan a no más de 5.000 - pies (1.525 m.) del punto útil más cercano del área de ate - rrizaje y no más de 750 pies (299 m.) de la prolongación de la línea central de la pista. Sin embargo, estas dimensiones pueden variar si las condiciones del terreno no permiten se - guirlas exactamente.

Como el aeropuerto "Mariscal Sucre" se encuentra - dentro de las rutas aéreas Internacionales y Nacionales como un punto intermedio obligatorio, sería necesaria la instala - ción de este último faro pero, como ya se mencionó antes, no existe en nuestro País un sistema de faros para marcar las - rutas y mientras no los haya, no es necesaria la instalación de este faro.

Para la localización de los faros de aeropuerto se deberán hacer las debidas consideraciones para reducir a un mínimo el encandilamiento a los pilotos que se aproximan a -

tierra y al personal de operación del aeropuerto. Para lo --  
cual este faro deberá colocarse en un punto que esté más al-  
to que la sala de control y, la distribución vertical de la  
luz tendrá su mayor intensidad entre uno y tres grados sobre  
la horizontal.

Para indicar obstáculos se utilizan luces rojas --  
que están formadas por uno o dos focos montados en un mismo  
portalámpara. Cuando se usa el portalámpara para dos luces,  
se puede tener conectadas las dos luces o, sólo la una,  
dotándole de un relé de transferencia para que, cuando la u-  
na lámpara se funda, ponga en servicio inmediatamente la ó-  
tra. Luces de este tipo se usan donde no se puede llevar dia-  
riamente un control del estado de las mismas como por ejem -  
plo, cuando se señala una línea de transmisión de energía e-  
léctrica, una línea telefónica, una chimenea o cualquier obs-  
táculo que sea absolutamente necesario de identificar y se -  
disponga de uno o muy pocos puntos de referencia, o no se --  
pueda llevar un control diario del estado de funcionamiento  
de la lámpara.

Cuando se desea marcar una gran estructura o una -  
prominencia natural que sean obstáculo a la navegación aérea,  
se suele usar lámparas más grandes que las indicadas, inter-  
mitentes, de color rojo y que emitan a lo más, 40 destellos  
por minuto para lo cual van provistos de un eje movido por -

un motor, que produce los contactos periódicamente o, en su defecto, por un relé intermitente destinado a efectuar la misma labor. Luces de este tipo se pueden usar también para indicar grandes torres o estructuras fabricadas y de gran extensión.

La intensidad lumínica de las luces de obstáculo se puede considerar como media o sea, su rayo principal proveerá una intensidad de por lo menos 1.500 candelas en el sentido de máxima intensidad.

En el caso de faros de destellos para obstáculo, la intensidad de pico no será menor de 2.000 candelas para luces blancas de aviación o luces coloreadas apropiadas para el servicio que presten.

Las luces utilizadas para demarcar el perímetro del área de aterrizaje son de color blanco y se las ubica en la línea que delimita al aeropuerto.

Estas luces no son tan importantes para el piloto pero le dan una idea de la localización del área de aterrizaje; ellas deben ser de baja intensidad con el objeto de no confundir al piloto con las luces de pista, que también son blancas.

Las luces de límite se colocan uniformemente espaciadas entre los diferentes vértices del perímetro del aeropuerto y pueden estar intercaladas con luces rojas de obstá-

culo, según se presenten obstrucciones como edificios o prominencias naturales.

Las luces de humbral, o luces terminales, son globos verdes que sirven para indicar los extremos de la pista. Si el piloto se acerca a la pista, sabrá el punto donde ella comienza y el lugar preciso en donde deberá establecer contacto con tierra.

Las luces terminales emiten un haz color verde en todas direcciones pero algunos aeropuertos usan globos o luces direccionales con filtros, color rojo en sentido de abandono de la pista y verde en el sentido de entrada a la misma. Este sistema no presenta ninguna ventaja adicional sobre el sistema anterior pues causa el mismo efecto, con la diferencia de que se necesita filtros de dos colores lo que es, más bien, una desventaja en lo que se refiere al mantenimiento - pues se necesita más filtros de reserva en caso de destrucción de los que están en servicio.

Para señalar el humbral de la pista se puede también, usar lámparas unidireccionales de color verde y con esto se logra el propósito de señalar la terminación de la pista cuando se la abandona.

El sistema básico y el empleado en la mayoría de los aeropuertos es el recomendado por la F.A.A., y está conformado de la siguiente manera:

Las luces que definen el umbral están en una línea que es perpendicular a la línea central de la pista principal y están colocadas simétricamente a sus lados, formando dos grupos. Cada grupo contendrá no menos de cuatro luces -- uniformemente espaciadas. Las luces de acceso más exteriores se alinearán con las filas de luces de pista y las demás luces se colocarán uniformemente espaciadas y hacia el centro de la pista, dejando un espacio libre mínimo de 40 pies, -- cuando las luces son elevadas.

Sobre este punto se han hecho muchos estudios por parte de las compañías constructoras de equipo eléctrico para campos de aviación pero todas han girado sobre el sistema básico de la F.A.A..

Como un artificio adicional para facilitar al piloto que entra al aeropuerto a enfilarse adecuadamente con el eje de la pista, que se le ha asignado, se puede disponer, -- si se desea, de las llamadas luces de aproximación que son -- luces similares a las de umbral, de color blanco, que se colocan más allá del borde del pavimento y pueden estar colocadas exteriormente con respecto a las hileras de luces de la pista. Estas luces se hacen indispensables cuando el aeropuerto goza del sistema instrumental de aproximación.

Los sistemas utilizados para este fin son muy variados y dependen ya sea del espacio disponible después de --

la pista, o de las características de los aviones que van a aterrizar en ella y del sistema de aproximación con que goce el aeropuerto. Para aviones muy veloces, lo ideal sería señalarle el comienzo de la pista y la línea central de la misma, desde uno o dos kilómetros antes de que llegue, lo cual resultaría antieconómico y difícil de realizarlo porque no siempre se dispone de terreno suficiente más allá de los límites del pavimento de la pista. Lo que generalmente se acostumbra es disponer unas pocas hileras de luces paralelas a las de umbral, separadas unos 40 pies hacia atrás de la pista y en grupos como se indicó en el párrafo anterior y, cuando se ilumina la línea central de la pista, se ilumina también una línea que es la prolongación de ella.

Las luces de umbral se colocarán como especifican las normas, de la F.A.A. y, para la ubicación de las luces de aproximación se hará un estudio más detallado en el capítulo próximo.

Con respecto a las luces de la pista, llamadas luces de contacto, ha sido el punto que más dificultades ha causado a los técnicos pues han tenido que vencer problemas desde el punto de vista técnico y práctico. Muy a menudo, discusiones entre luminotécnicos y pilotos han terminado en un desacuerdo total.

El piloto desea un alumbrado muy intenso para te -

ner mayor visibilidad y exige que las luminarias queden lo más cerca posible al ras de la pista para una mayor seguridad en su aterrizaje mientras, el ingeniero, para satisfacer esa necesidad, trata de ponerlas lo más elevadas posible para dar esa mayor iluminación porque, de acuerdo con las leyes físicas, el rendimiento lumínico depende en gran parte de la superficie visible del foco de luz sobre el plano de trabajo que, en este caso es la pista de aterrizaje.

Como una solución, se ha llegado a estudiar el problema, basándose en lo que el piloto ve y como lo ve.

El sistema básico y el más empleado es el recomendado por la F.A.A. que consiste en la iluminación de la pista por medio de dos hileras de luces uniformemente espaciadas. El haz de luz emitido por las luces de contacto deberá ser en sentido contrario al de aterrizaje y un poco concentrado hacia el centro de la pista. Estas luces son de color blanco en toda la extensión de la pista pero se acostumbra poner filtros de color amarillo en los últimos 500 metros de la pista con el objeto de advertir al piloto la posición en la que se encuentra, cuando está abandonando la pista. Para lograr ésto, se usa lámparas bicolors con filtro blanco en el sentido de entrada a la pista y con uno amarillo los 180 grados que quedan en el lado de abandonar la pista.

Dada la ubicación de la pista del aeropuerto "Ma-

riscal Sucre", no es posible adoptar un sistema de iluminación de acceso que se extienda más allá de unos 200 metros de su borde en el extremo sur y, de unos 5 metros en el extremo norte. Esto limita la iluminación del acceso por la línea central y por consiguiente, la iluminación de la línea central de la pista.

A pesar de esto, es necesario considerar el sistema de iluminación de la pista con la línea central ya que, con un espaciamiento inadecuado de las luces laterales, se presenta un problema que los pilotos han llamado "zona negra"

La creación del alumbrado de acceso por la línea central aclaró el sentido de esta expresión. El piloto baja ahora por la vía de acceso con una hilera de luces directamente frente a él, como si el avión se deslizara sobre una baranda de luz. Todo está claro y al alcance de su visión directa. El piloto distingue todas las luces desde el límite máximo de visibilidad hasta el punto de desvanecimiento por debajo del avión. A medida que se sigue deslizando, las luces de umbral aparecen en el extremo de la pista y, detrás de ellas, nada.

En tiempo desfavorable, ésto se hace más pronunciado. Con la vista fija en la hilera de luces centrales de acceso, el piloto tiene dificultad para percibir el principio de las hileras de luz de la pista, situadas fuera de los lí-

mites de su visión directa. Tiene que buscar las luces más -  
lejanas de las hileras donde el paralaje las sitúa en el cam  
po de su visión directa y luego, seguirlas con la vista y en  
dirección hacia sí mismo, observándolas con visión indirecta.  
Esto trae como consecuencia que las luces que se desvanecen  
bajo el avión o que quedan muy cerca del mismo ya no sean vi  
sibles para el piloto.

Para obviar este efecto, se ideó el sistema de a--  
lumbrado de "vía angosta" que consiste en poner dos hileras  
de luz separadas a unos 20 metros una de ótra y equidistan -  
tes a la línea central de la pista, a más de las hileras la-  
terales, con lo cual se pone dentro del ángulo de visión di-  
recta del piloto, un mayor porcentaje de luces que las que -  
vehía anteriormente.

A pesar de la ventaja que representa este sistema,  
su uso podría ser causa de situaciones difíciles ya que una  
inadecuada distribución de las hileras de luces o de su espa-  
ciamiento, podría confundir al piloto haciendo que tome una  
de estas hileras por la línea central de la pista.

Este sistema es todavía nuevo y se encuentra en pe  
ríodo de experimentación por lo cual, no se tomará en cuenta.

El sistema de iluminación de la línea central de -  
la pista es bastante usado pero presenta una dificultad en -  
el momento de instalar las luces pues se debe interrumpir el

tráfico de los aviones ya que se debe abrir una zanja para proceder a la instalación.

En cuanto a la altura de las luces que se utilizarán, también existen diversos tipos siendo ellos, a ras del suelo, a semirras y elevadas. Las luces a ras del suelo se emplearon y todavía se usa en algunos aeropuertos pero presentan una gran dificultad para su mantenimiento pues continuamente son tapados por el polvo o por las plantas que crecen cerca de ellas. Además, su rendimiento es inferior por estar en una posición tan desventajosa con respecto al plano de trabajo. Sin embargo, tienen la ventaja de no presentar ninguna molestia en las maniobras de rodado de los aparatos. Las luces a semirras y las elevadas son las que mayor aplicación han tenido pues dan un mejor rendimiento y no se ven seriamente afectadas por el crecimiento de las plantas en sus alrededores. Las luces elevadas están provistas de un acoplamiento mecánico rompible o desarmable que, cuando son golpeadas por un avión, esta unión se rompe desconectando al mismo tiempo el acoplamiento eléctrico. De esta manera se consigue que este tipo de luminaria no se transforme en un obstáculo para el rodado de los aviones. De aquí, que la tendencia actual es utilizar con más frecuencia las luces elevadas para la señalización de los límites de la pista de aterrizaje.

La intensidad lumínica de las luces que se instala

rán, depende de la clase de aeropuerto, por un lado y del -- tiempo predominante que se presente en las inmediaciones del aeropuerto, por ótro. Como lo segundo es un factor que no se puede prever, se dota al aeropuerto de luces de una intensidad determinada y, por medio de reguladores, se varía su intensidad lumínica entre los valores 100% y 1% con lo cual se obtiene un servicio satisfactorio en las diferentes condicio nes de visibilidad.

En aeropuertos donde las condiciones de mala visibilidad predominan gran parte del tiempo, y donde se reali - zan aterrizajes y despegues a cualquier hora aún por las no - ches, o en aeropuertos destinados a realizar operaciones por medio de instrumentos, el 100% de intensidad lumínica corres - ponderá por lo menos a 12.000 candelas en la luz blanca a -- través de un ángulo vertical de 3 grados y uno horizontal de 6 grados.

El aeropuerto "Mariscal Sucre", motivo de este es - tudio, como se indicó en el Capítulo I, servirá sólamente pa - ra vuelos diarios y en condiciones de no muy mala visibili - dad. Entonces, se puede usar luces de intensidad media ya -- que el aeropuerto no está listo todavía para realizar opera - ciones instrumentales.

En cuanto a la disposición de las luces, se usará el sistema básico con luces elevadas.

La iluminación de las calles de acceso es problema diferente al de la iluminación de las pistas de aterrizaje - aún cuando la instalación de las luces es bastante similar. Estas luces tienen como objetivo llevar al piloto desde la - pista de aterrizaje hasta la plataforma de parqueo donde de- jará o tomará los pasajeros o carga.

Las luces van dispuestas como en el caso anterior a los dos lados de las calles de acceso y uniformemente sepa radas y con una intensidad lumínica igual o inferior a las - de las luces de la pista principal ya que no necesitan ser - distinguidas desde gran altura ni cuando el avión circula a gran velocidad.

La iluminación de las calles de acceso se efectúa por medio de luces de color azul y con lente omnidireccional, cuando los aviones circularán en cualquier dirección. Cuando los aviones circulan sólo en una dirección predetermina da, se deberá utilizar lámparas unidireccionales para evitar cualquier confusión.

Como las calles de acceso no siempre son rectas y tienen que cortarse con la pista de aterrizaje y, en ocasio- nes entre ellas, es necesario hacer algunas consideraciones cuando se trata de iluminar los lados curvos, tramos muy cor tos y cuando se trata de indicar los puntos de intersección con otras calles o con la pista principal. Sobre este aspec-

to trataré más detenidamente en el capítulo referente a la localización de las luces.

Estas luces, como las anteriores, pueden ser a ras del suelo o elevadas dependiendo su instalación de la economía, del servicio que presten y del lugar geográfico en el que se encuentre el aeropuerto pues la nieve, por ejemplo, es el peor enemigo de las luces a ras del suelo.

El cono indicador de la dirección del viento es un dispositivo que se localiza en las partes más sobresalientes del aeropuerto y que sean visibles desde la torre de control pues sirven tanto para los operadores de la torre, para que den instrucciones a los aviones y les asigne una pista y una dirección, como para los pilotos, que se acercan por contacto visual ya sea por buenas condiciones de visibilidad o por que no disponen de radio.

Generalmente el cono indicador de la dirección del viento se ilumina por medio de cuatro reflectores montados en sendos brazos sobre el cono. Estos reflectores enfocan al cono en dirección de arriba hacia abajo de tal manera que no deslumbren ni al piloto ni al personal de operación del aeropuerto.

Para indicar la dirección del viento existe otro dispositivo que consiste en una "T" iluminada, horizontal, que gira haciendo eje en su centro de gravedad de acuerdo a

la dirección del viento que se presente. Para actuar como veleta dispone en su extremo, de una aleta vertical que es la que ofrece resistencia al viento. Este aparato se ilumina -- con luces de color verde en su parte superior y su estructura es de color amarillo para ser distinguida durante el día. La "T" indicadora de la dirección del viento tiene un inconveniente cuando no se presenta un viento suficiente como para moverla pues ella, queda en la posición que la dejó el último viento, dando la impresión de que existe un viento en la dirección que indica este dispositivo. Felizmente, esto no es una gran dificultad para el aterrizaje pues se puede efectuar esta maniobra aún con vientos hasta con una desviación de 22,5 grados.

Esta "T" debe colocarse bastante lejos de los edificios para que <sup>de</sup> la indicación exacta del viento que existe, y su posición se puede apreciar visualmente o por medio de sistemas eléctricos que indiquen la posición en simples escalas.

A más de la dirección del viento, es muy importante para el piloto conocer la altura a la cual se encuentra el techo de nubes sobre el aeropuerto, cuando realiza un aterrizaje visual y aún cuando se aproxima por medio de instrumentos ya que, para alinear su avión con la línea central de la pista, debe descender hasta donde pueda distinguirla vi -

sualmente. Para este objeto se utiliza el proyector de techo de nubes, que consiste en una fuente de luz, cuyo haz se proyecta verticalmente hacia arriba. La altura de las nubes se determina por medio de un clinómetro. El proyector de cielo se coloca a unos 1.000 pies fijos desde el punto normal de observación y emite un rayo de luz concentrado, vertical y hacia arriba. El objeto del clinómetro es medir la elevación angular del punto de luz que se proyecta en las nubes. De esta manera se conoce la distancia entre el proyector y el punto de observación, y el ángulo formado por las líneas que unen al proyector, el punto de observación y el punto de luz formado en la nube, con lo cual queda determinado un triángulo rectángulo en el que se desconoce uno de sus catetos y se conoce un ángulo agudo y un cateto. (Figura 2-2).

Otro tipo de indicador de altura de las nubes consiste en un proyector ya no en sentido vertical sino que ocupa el puesto del clinómetro anterior y gira en un plano vertical. A unos 1.000 pies fijos y dentro del plano de giro -- del proyector, se encuentra un detector provisto de una célula fotográfica y un amplificador de señal. El funcionamiento de este sistema es muy similar al del caso anterior con la diferencia de la disposición de los aparatos. El proyector gira enviando su rayo de luz hacia las nubes; el momento que ese rayo se refleja sobre una nube que esté directamente so-

bre el detector, insidre sobre este aparato una señal lumínica la cual es recibida en un espejo parabólico y concentrada en una célula fotoeléctrica de donde se emite una señal eléctrica que es amplificada y enviada al aparato indicador en la torre de control. Como en ese mismo instante se puede conocer la posición del proyector y el ángulo que éste forma entre el plano horizontal y el formado por el proyector y el punto de luz sobre la nube, queda formado el mismo triángulo rectángulo que se formó en el caso anterior.

Sin lugar a duda, este sistema es más eficaz que el primero por cuanto el proyector está girando todo el tiempo y se puede saber en cualquier momento la altura del techo de nubes sin tener que estar efectuando mediciones pues el sistema dispone de una escala que indica directamente la altura mencionada. Sin embargo, su elevado costo en comparación con el otro sistema, es un factor que se debe considerar para su elección.

Una ayuda que todo aeropuerto debe disponer es el indicador de permiso y prohibición de aterrizaje que no consiste sino en un proyector de luz de alta intensidad que es operado manualmente y se lo puede colocar en cualquier posición para lo cual se lo tiene colgado del cielo raso de la torre de control, por medio de un cable. Este proyector es indispensable ya que en ocasiones llegan al aeropuerto avio-

nes que no disponen de radio y que su único contacto con la torre de control es la vista. Con este proyector se envían - señales en código Morse Internacional y se da indicaciones - de prohibición de aterrizaje o despegue en caso de una emer- gencia, retiro inmediato de un avión de la pista, permisos - de aterrizaje o despegue, etc. Así, constituye una ayuda de - gran importancia en los momentos más críticos de una opera - ción aún para aviones que dispongan de radio.

El proyector utilizado para este fin, debe produ - cir un rayo concentrado de alta intensidad y debe disponer - de filtros de color blanco, verde y rojo, para las distintas señales que debe enviar.

Como último paso para terminar la operación de ate rrizaje, el piloto debe dirigirse a la loza de estacionamien - to en donde dejará o tomará sus pasajeros y carga. Además de estas labores, en la plataforma de estacionamiento se efec - túa, las reparaciones pequeñas, el abastecimiento de gasoli - na y otras labores que necesitan un buen nivel de ilumina - ción para ser realizadas. Debe anotarse además que una buena iluminación de esta área, sirve de guía al piloto para que - pueda orientarse por sí mismo y se dirija hacia ella con ma - yor facilidad.

Un nivel de iluminación de unos 40 luxes da la cla - ridad necesaria como para estos trabajos.

La iluminación de las lozas se realiza por medio de reflectores tipo "innundantes" con el objeto de no producir deslumbramientos a los pasajeros ni al personal del aeropuerto. Estos reflectores tienen la propiedad de producir un haz bastante extendido en el plano horizontal y, estrecho en el plano vertical. Se los puede localizar en las paredes del edificio terminal del aeropuerto si se dispone del espacio suficiente o sobre tubos de hierro a poca altura sobre el nivel del suelo y suficientemente separados del filo del pavimento para que no obstaculicen el tráfico de los aviones o bien, sobre torres. Dondequiera que se los ubique, debe tenerse en cuenta su inclinación para que los rayos de luz no incidan directamente sobre los ojos de las personas causando el deslumbramiento.

Cuando trate acerca de la localización de las luces, en el capítulo siguiente, haré el cálculo del número necesario de luces y de su localización en el terreno.

De esta manera, queda explicado el sistema que se empleará para la iluminación del aeropuerto "Mariscal Sucre" de la Ciudad de Quito. Luego, cuando trate sobre la localización de las luces, escogeré los sistemas a utilizarse ya que, como he descrito anteriormente, existen diferentes sistemas de iluminación de pista principal y acceso.

2-2.- En lo que se refiere a los sistemas de conexión de

los diferentes circuitos, se puede decir lo siguiente:

Los circuitos para las diferentes ayudas lumínicas que se instalarán se pueden clasificar como circuitos largos y circuitos cortos.

Los circuitos cortos no presentan dificultad en -- cuanto a su cálculo pues generalmente sirven a pequeñas cargas o cargas concentradas y a distancias relativamente cortas. Además, los voltajes de los aparatos que se conectan es tán dentro de los voltajes utilizados normalmente y están -- comprendidos entre los 110 y los 220 voltios.

Las ayudas que están comprendidas en este grupo, -- son:

- a) Faro indicador del emplazamiento del campo y direc  
ción de las rutas,
- b) Lámparas del indicador de la dirección del viento,
- c) Indicador de permiso y prohibición de aterrizaje,
- d) Proyectores para el alumbrado de las lozas de esta  
cionamiento,
- e) Proyectores de altura para indicar la posición de  
las nubes y,
- f) Parte de las luces de señalización de obstáculos.

Digo parte de las luces de señalización de obstácu  
los, porque muchas veces se presentan casos de señalar un --  
obstáculo de gran extensión para lo cual es necesario insta-

lar circuitos largos con cargas repartidas.

Circuitos largos, llamo a aquellos que alimentan - cargas repartidas en una gran longitud. Aquí se presenta el problema de las caídas de voltaje, dando un diferente nivel de iluminación a las lámparas conectadas, efecto que se desea evitar. En este grupo de circuitos, quedarían comprendidas las siguientes ayudas:

- a) Lámparas de contorno para límites del campo,
- b) Lámparas de umbral, luces de aproximación,
- c) Luces de pista de aterrizaje,
- d) Luces de las calles de acceso,
- e) Parte de las luces indicadoras de obstáculos.

Para un buen funcionamiento de estas ayudas, lo -- ideal sería obtener un nivel de iluminación uniforme en todos los puntos de una misma ayuda. Para lograr ésto, se debería disponer de lámparas de iguales características, conectadas en una fuente que les suministre un voltaje igual a todas, pues se sabe que la intensidad lumínica decrece más que proporcionalmente al <sup>de</sup> crecimiento del voltaje aplicado (ver - fig. 2-3) aún que la vida de la lámpara aumenta considerablemente.

La figura 2-3 se refiere a focos incandescentes que son los que se utilizarán en este proyecto.

En los circuitos de las lámparas de contorno para

límites del campo y para las lámparas de las calles de acceso, este factor no es tan importante, pero en los circuitos de las luces de la pista de aterrizaje, es indispensable que todas las lámparas brillen con igual intensidad, así como -- también las luces del umbral y las de acceso.

Es lógico comprender la necesidad de un nivel igual de iluminación en este circuito ya que, una lámpara que brille menos que las ótras, da la impresión de que se encuentra más alejada y esto puede causar una confusión en el piloto -- que se aproxima al aeropuerto, quien no tiene tiempo sufi -- ciente como para discernir si la lámpara está más lejana que las ótras o si tiene menor brillo.

Una vez recalcada la necesidad de establecer un ni vel uniforme de iluminación para la pista de aterrizaje, haré unas consideraciones que me lleven a determinar la manera de alimentar a las lámparas instaladas en esta pista.

El sistema más común para instalaciones de alumbra do es el sistema en paralelo y, por consiguiente, la mayor -- parte de las lámparas que se encuentran en el comercio están fabricadas para funcionar a tensión constante con un valor -- comprendido entre los 110 y los 220 voltios.

El sistema en paralelo o en derivación es bastante eficaz para cargas concentradas y que no se encuentren dema-- siado alejadas del punto donde se toma la energía eléctrica

pues, la caída de tensión que se produce es directamente proporcional a la distancia a la cual se encuentra la carga y al valor de la corriente que se transporta. El efecto de la caída de tensión se manifiesta en mayor grado en los primeros tramos de un circuito, donde se lleva una corriente que es la suma de las corrientes que deben alimentar a cada carga. Por esta razón, se debería dar una sección mayor a los conductores de los primeros tramos e ir disminuyéndola conforme disminuye la carga. Como esto es bastante molesto, no se acostumbra a seguir este método sino que se adopta una sola sección para todo el circuito a menos que las cargas -- disminuyan en gran proporción.

Como las lámparas usadas funcionan a bajos voltajes en el sistema en derivación, no presentan gran peligro para el personal que trabaja con ellas, lo que significa una ventaja para este sistema.

La caída de tensión se puede disminuir notablemente, elevando el voltaje del sistema con lo cual disminuye la corriente en el circuito obteniéndose además, una disminución del calibre de los conductores. Esto último es una gran ventaja desde el punto de vista del peso del cobre, por consiguiente del costo de los conductores pero, si se considera el aislamiento que deben tener los conductores, ya se nota una elevación del costo y si se mira lo que sucede con las -

lámparas incandescentes, estamos cayendo en una nueva pérdida pues, para una lámpara de la misma potencia y mayor voltaje, se necesita un filamento más delgado que para otra igual y de menor voltaje. De esta manera disminuye la vida de la lám para porque un filamento de mayor diámetro es más robusto y tarda más tiempo en evaporarse que uno de menor diámetro, -- que trabaja a mayor voltaje.

Esto podría solucionarse si en cada punto de utili zación se pone un pequeño transformador que baje la tensión del circuito a la tensión normal de las lámparas. Puede utilizarse por ejemplo, 600 voltios en la línea de distribución y transformadores que bajen de 600 a 120 voltios para apli - carlos en las lámparas. Con esto se obtiene una mejor unifor midad de iluminación pues las caídas de tensión se ven reducidas con la elevación del voltaje sin afectar a la vida y - eficacia de las lámparas.

Cuando los circuitos son muy largos, una elevación excesiva del voltaje para disminuir las caídas, ya no resulta conveniente porque el aislamiento requerido es mayor y -- los transformadores de acoplamiento de las lámparas vienen - a encarecer la instalación.

Para obtener una mejor distribución de la caída de potencial, se puede diseñar un pequeño sistema de distribu - ción, formando varios circuitos que cubran la pista.

Si se divide a la pista en cuatro circuitos, cada uno tendría una longitud de 1.560 m. y unas 26 lámparas conectadas a 60 metros, cada una se puede tomar como el centro de la carga el centro de la pista y desde este punto partirían los circuitos hacia los cuatro lados. Un breve cálculo dará una idea más clara que permita hacer comparaciones.

De todas maneras, cualquiera que sea el sistema en derivación que se utilice, se tendrán las indeseables pérdidas de voltaje.

Se trata de alimentar dos hileras de luz con 52 -- lámparas separadas a 60 metros, una de otra.

Como estos cálculos son solamente comparativos, adoptaré condiciones ideales o sea, factor de potencia y rendimiento de los transformadores de acoplamiento, igual a la unidad y valores redondeados de voltaje y potencia de los -- puntos.

Ya trataré este asunto más detenidamente en el capítulo cuarto.

#### 2-2-1.- SISTEMA EN DERIVACION.-

Voltaje = 100 voltios

Se puede dividir a cada hilera en dos partes. Así, se tendrá 26 focos en cada hilera.

Potencia de cada foco = 100 voltios

La potencia total del sistema:  $26 \times 100 = 2.600$

vatios.

$$I = \frac{W}{V} = \frac{2.600 \text{ W}}{100 \text{ V}} = 26 \text{ amperios que deben circular por el primer tramo.}$$

Para una densidad de 2 amp./mm<sup>2</sup>,

$$\text{sección } S = \frac{26}{2} = 13 \text{ mm}^2 \text{ que corresponde a N}^\circ 6 \text{ AWG., bastante grueso.}$$

Si la tensión a aplicarse sería 200 voltios,

$$S = \frac{13}{2} = 6,5 \text{ mm}^2 \text{ que corresponden a N}^\circ 9 \text{ AWG.}$$

Pero, el utilizar voltajes mayores a 110 voltios, es necesario poner en cada punto, los transformadores que -- sirven tanto para la aislación del alto voltaje como para bajar la tensión a 110 voltios o, para adaptar a los focos de 6,6 amperios.

Así, si se usa una tensión de 600 voltios, por ejemplo, se tendrá una sección:

$$S = \frac{13}{6} = 2,14 \text{ mm}^2 \text{ que corresponde a un N}^\circ 13 \text{ AWG.}$$

Como se puede notar, aquí ya se hace necesaria la instalación de un transformador elevador de voltaje en la -- subestación de Alimentación.

Como son dos líneas, se tendrán una sección de cobre  $2,624 \times 2 = 5,248 \text{ mm}^2$

El conductor N° 13 tiene una resistencia de 11 ohm/ /milla, o sea 6,85 ohm/Km.

Entonces, en los primeros 60 metros habrá una caída de tensión igual a:  $\Delta V = 2 \times I \times R \times l$

$$I = \frac{W}{V} = \frac{2.600}{600} = 4,33 \text{ amperios.}$$

$$\Delta V = 4,33 \times 6,85 \times 0,06 \times 2 = 3,56 \text{ voltios que expresados en porcentaje:}$$

$$\Delta V = \frac{3,56}{600} \times 100 = 0,59 \%$$

En los tramos restantes, como la corriente va disminuyendo, la caída de tensión disminuye pero, la caída total es la suma de todas y de esta manera, tomará valores con siderables en las últimas lámparas.

Como las longitudes parciales son iguales y las co rrientes en cada punto servido son iguales, se tendría lo si guiente:

$$600 \text{ V. } \left| \begin{array}{cccccc} \frac{26i}{2R} & \frac{25i}{2R} & \frac{24i}{2R} & \frac{23i}{2R} & \frac{22i}{2R} & \text{etc.} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \end{array} \right.$$

$$i = \frac{100}{600} = 0,167 \text{ amp.}$$

$$R = 6,85 \times 0,06 = 0,411 \text{ ohm.}$$

La caída de tensión total será:

$$\Delta V = 26i \times 2R + 25i \times 2R + 24i \times 2R + 23i \times 2R + \dots + i \times 2R$$

$$\text{o sea, } = 2i.R ( 26 + 25 + 24 + 23 + \dots + 1 )$$

$$= 2i.R \ 351 = 702 \ i. \ R.$$

$$= 702. \ 0,167. \ 0,411 = 48 \text{ voltios}$$

$\Delta V = 48$  voltios que, expresados en porcentaje:

$$\frac{48}{600} \times 100 = 8 \%$$

Es un valor bastante alto y, según la figura 2-3, se tiene una disminución del

flujo luminoso del 27 % valor que no se puede aceptar.

Dando una sección mayor al cable, por ejemplo, N° 10 AWG., se tendría:

$$R = 3,41 \text{ ohm/Km.},$$

$$\Delta V = 8 \times \frac{3,41}{6,85} = 3,98 \% \text{ que da una disminución -}$$

del flujo luminoso del -

15 % que tampoco es aceptable.

Para tener una disminución del flujo de hasta un 5 %, se necesita que el voltaje caiga a lo más en 1 %. Entonces, si:

$$\Delta V = 1 \% = 6 \text{ voltios.};$$

$$6 = 706 \times 0,167 \times R$$

$$R = \frac{6}{706 \times 0,167} = 0,0512 \text{ ohm. cada Km. 60 m. que equivale a una resistencia de:}$$

$$\frac{0,0512}{60} \times 1000 = 0,85 \text{ ohm. por Km. o sea, N° 4 AWG}$$

que es un cable excesivamente grueso y costoso pues se tiene una sección transversal total de:

$$2 \times 21,15 = 42,3 \text{ mm}^2., \text{ lo que tampoco se puede aceptar}$$

pues resulta demasiado antieconómico.

A más del sistema en derivación se usa el sistema serie y es el que más aceptación ha tenido para la iluminación de pista de aterrizaje.

En este sistema de iluminación, todas las lámparas

están recorridas por una misma corriente que es la necesaria para hacer funcionar una sola lámpara mientras, en el sistema en paralelo existe en el comienzo de la línea una corriente que es la suma de todas las de las lámparas conectadas; - la tensión, en cambio es más elevada en el sistema serie y - equivale a la suma de las caídas de tensión producidas en todas las lámparas. Según la clase de lámparas que se utilice, la tensión necesaria en el sistema puede llegar a los 3.000 ó 4.000 voltios.

Las lámparas para utilizarse en los circuitos serie de alumbrado se fabrican para corrientes de valores pequeños, que se han normalizado entre 6,6 y 20 amperios ya sea para ser utilizadas en aeropuertos o en iluminación de calles.

Al usar un conductor que transporte la corriente de una sola lámpara se tiene una gran economía en cobre tanto por la disminución de la sección como por el ahorro de un cable, con respecto al sistema en paralelo ya que se admiten caídas de tensión de hasta un 25 %.

Sin embargo, una interrupción del circuito por rotura de un filamento causará la interrupción de la corriente y con ello, la interrupción total del circuito. Además, al abrirse el circuito en cualquier lugar, se establece en ese punto la plena tensión de la línea que, como se ha dicho, es

bastante alta y peligrosa.

Para evitar esta discontinuidad de servicio se usa un dispositivo que ponga en cortocircuito inmediatamente el punto donde se ha producido la falla es decir, cuando se ha fundido el filamento de una lámpara. Este dispositivo está constituido por dos planchitas metálicas conectadas en derivación con la lámpara y separadas por una capa de papel aislante. En el momento que se funde el filamento de la lámpara, entre las dos planchitas se desarrolla una tensión que equivale a unas 4 veces la tensión normal. Esta alta tensión producida en los primeros instantes, es capaz de perforar el aislante que existe entre las dos planchitas metálicas poniendo en contacto directo a las mismas. De esta manera, el circuito se restablece y la corriente continúa circulando por las demás lámparas.

En funcionamiento normal, entre las dos placas existe una tensión igual a la caída de tensión en la lámpara, que es de unos pocos voltios. Por ejemplo, para una lámpara de 100 vatios y 6,6 amperios, la caída de tensión a sus bornes será:

$$V = \frac{W}{I} = \frac{100}{6,6} = 15,15 \text{ voltios, valor que es}$$

capaz de perforar el aislante.

Cuando el dispositivo de cortocircuito, llamado "válvula de tensión", que tiene una resistencia inferior a

la del filamento, sustituye a la lámpara fundida, la corriente en el circuito tendería a aumentar produciendo condiciones anormales pues, el aumento de corriente se traduce en la disminución de la vida útil de las lámparas. La eliminación de varias lámparas en el circuito, por descuido de la persona encargada del mantenimiento, por ejemplo, traería consigo un gran aumento de corriente en la línea.

Por esta razón, los circuitos tienen que ser alimentados por medio de un transformador autorregulador de corriente constante que mantenga la corriente en un valor previsto cada vez que ocurra en la línea una variación de la resistencia. Si disminuye la resistencia, la corriente tendería a aumentar pero, como actúa el regulador, la corriente se mantiene la misma variando en su valor la tensión, aumentando cada vez que actúa el regulador.

Para aislar a las lámparas del alto voltaje de la línea de funcionamiento normal se usan pequeños transformadores que se conectan en serie con la línea y la lámpara se conecta a su secundario. Así, una interrupción debida a una lámpara fundida, no afecta a la continuidad del servicio pues la corriente sigue circulando por el primario del transformador "serie" (4). Pero aquí debe considerarse que el transformador serie, cuando está sin carga, debe mantenerse en cortocircuito, para lo cual se hace necesario la instala-

ción de válvulas de tensión para proteger al transformador - ya sea cortocircuitando su secundario o bien, cortocircuitando su primario, con lo cual quedaría protegido.

Esto último no es conveniente porque estos transformadores se usan precisamente para aislar a las lámparas y al personal de mantenimiento del alto voltaje de la línea y lo que se trata es de que ellos no lleguen a la línea.

El filamento de las lámparas serie tiene un mayor diámetro que el de las lámparas usadas en circuitos en paralelo ya que deben soportar una corriente mayor. Entonces, -- además de tener un consumo específico menor, la lámpara serie tiene la ventaja de una mayor robustez del filamento y -- de ser un tanto insensible a las fluctuaciones de la tensión al variar la carga.

Para la elección del voltaje que se aplicará al -- sistema, bastará considerar la potencia absorbida por las -- lámparas serie y las pérdidas tanto en los transformadores -- de aislación como por las producidas por el paso de la co -- rriente o sea, por efecto Joule.

Sin embargo, me anticipo a decir que la selección del sistema se hará en base de la calidad de servicio antes que de la economía de la instalación ya que, como he dicho antes, de la iluminación de la pista principal depende, en -- su mayor parte, la seguridad de las operaciones.

Sistema serie.-

Para toda la pista se tiene una potencia de:

$$2.600 \times 4 = 10.400 \text{ vatios.}$$

Corriente I = 6,6 amp.

$$V = \frac{10400}{6,6} = 1.560 \text{ voltios}$$

Para 6,6 amp., se necesita  $\frac{6,6 \text{ amp}}{2 \text{ a/mm}^2} = 3,3 \text{ mm}^2$

de cobre pero las casas productoras de equipo para iluminación de aeropuertos aconsejan utilizar el N° 10 AWG., con una sección transversal de  $5,26 \text{ mm}^2$  y una resistencia de 3,41 ohm/Km.

Para la longitud total del circuito de 6,5 Km., la caída de tensión en la línea será:

$$\Delta V = 6,6 \times 3,41 \times 6,5 = 147 \text{ voltios.}$$

Entonces, el voltaje de la fuente suministradora de energía será:  $1.580 + 147 = 1.727$  voltios y su potencia será:

$$1.727 \times 6,6 = 11.500 \text{ vatios.}$$

De los cálculos realizados se puede hacer una comparación entre el sistema en serie como el sistema en derivación.

Para el sistema serie se necesita un transformador elevador o reductor de voltaje, un transformador autorregulador de corriente constante, un conductor para todo el circui

to y un transformador serie para cada lámpara. Además, una válvula de tensión para cada lámpara o transformador.

Para el circuito en derivación se necesita un transformador elevador o reductor de voltaje, dos conductores para todo el circuito y un transformador de acoplamiento para cada lámpara.

Como se puede ver, en el sistema serie se ahorra - en cobre tanto en sección como en número de conductores pero se gasta más en el transformador regulador de corriente congtante así como en las válvulas de tensión; en cambio, en el sistema en derivación, se gasta más en cobre pero se ahorra en equipo.

En la actualidad, las compañías productoras de e - quipo eléctrico para circuitos serie, están fabricando unos transformadores serie de aislación de gran rendimiento y alto factor de potencia y diseñados de tal manera que, al fundirse la lámpara a la cual alimentan, no quedan sobrecargados, no haciéndose necesaria la instalación de las válvulas de tensión.

Entonces, la pista de aterrizaje deberá ser iluminada por lámparas alimentadas por el sistema serie, cumpliéndose las exigencias de iluminación uniforme y servicio contínuo, antes que por razones económicas.

En cuanto a las luces de las calles de acceso, no

se exige estrictamente un nivel de iluminación tan uniforme ya que el piloto no las debe distinguir desde gran altura si no cuando se encuentra rodando en tierra.

Por esta razón, aquí se puede considerar el factor económico en primer lugar y, como los circuitos son de menor extensión, las caídas de tensión no son tan molestosas. Sin embargo, cuando llegue el capítulo del cálculo de los circuitos, se determinará el sistema que se emplee en las calles de acceso.

Lo mismo puedo decir para las lámparas delimitadoras del área de aterrizaje, que son circuitos largos y de menor importancia y tal vez no muy necesarias.

Las demás ayudas constituyen casi todas, cargas -- aisladas y concentradas y en cada dispositivo existen las características de los aparatos que se utilizan, lo que hace -- fácil su cálculo. Además, trabajan a voltajes normales usa -- dos en alumbrado.

Las luces de señalación de obstáculo se calcularán luego de agruparlas ya sea con circuitos en derivación o con circuitos en serie, si es que es necesario.

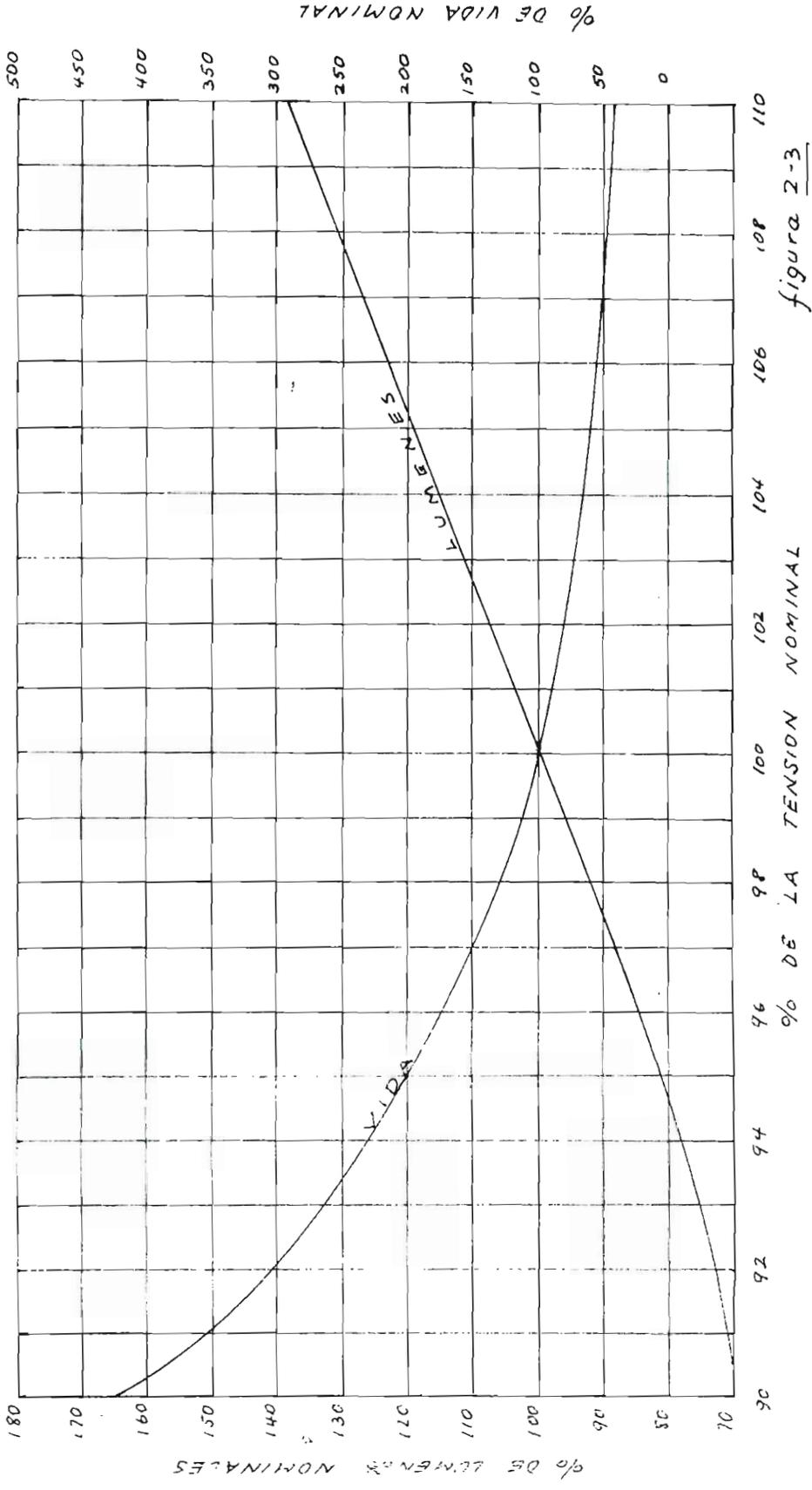
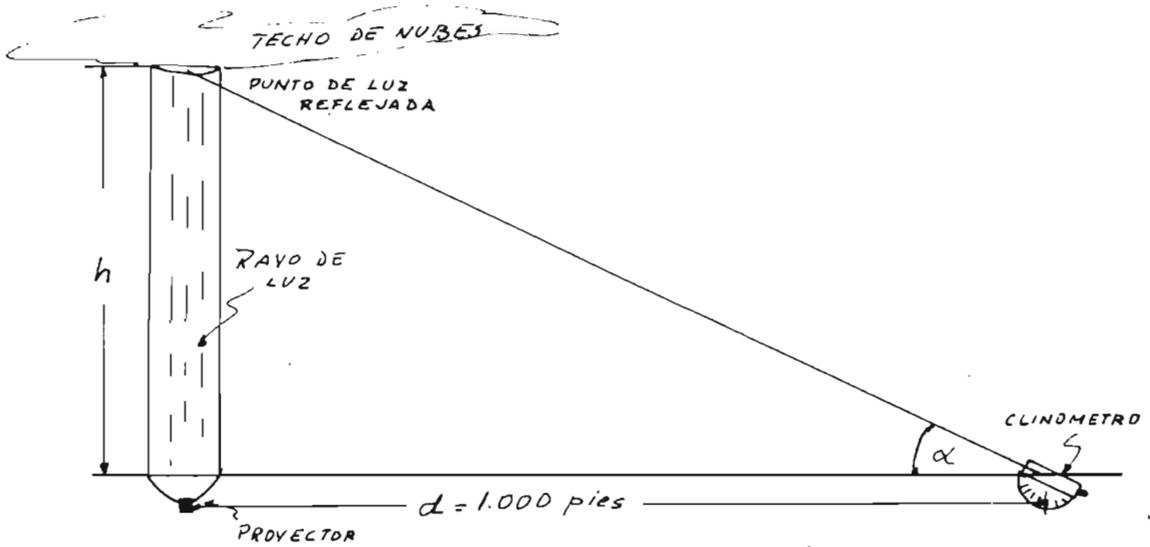
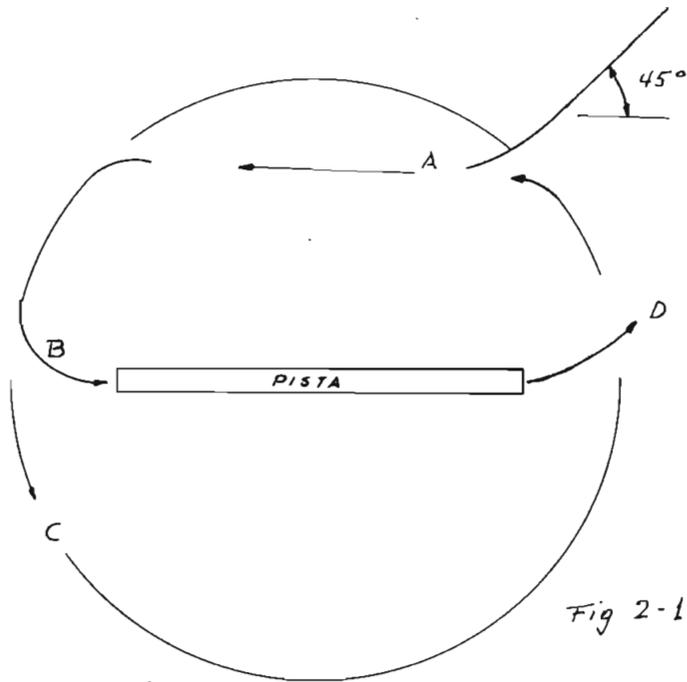


figura 2-3



## C A P I T U L O    I I I

### DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION Y SEÑALIZACION

#### 3-1 LOCALIZACION DE LAS LUCES

Faro giratorio para indicar el emplazamiento del campo.- Como ya se conoce, este faro se ubicará en un lugar bastante alto de tal manera que el borde inferior de su haz salve todos los obstáculos que se encuentren dentro del perímetro en la cual se encuentre el aeropuerto y sea divisado a gran distancia por los aviones que se aproximan al mismo. La torre de control del aeropuerto de este estudio es un punto bastante alto que cumple con este requisito y, la instalación del faro giratorio en ella se justifica tanto por la situación como por la facilidad de montarlo ya que existe un lugar destinado para él en una pequeña terraza sobre la torre. Ubicado el faro en este punto, se obtendrá un servicio bueno y el aeropuerto será identificado ya sea que los aviones entren por el lado sur o por el lado norte del área de aterrizaje.

Lámparas de señalación de obstáculos.- Para la instalación de estas luces es necesario hacer en primer lugar, un estudio acerca de la manera de determinar un obstáculo para que, una vez conocidos, se proceda a su marcación y luego a la ubicación de las luces que los identifiquen.

De acuerdo a las normas norteamericanas de la F.A. A., se considera como un obstáculo a la navegación aérea, todo objeto que se encuentre sobre una superficie imaginaria - (descrita en la sección A, más adelante) y a todos los objetos que tengan alturas mayores a las consideradas en la sección B, a menos que no se los encuentre objetables después - de un estudio detenido.

A.1. Superficie de aproximación.- Es un plano inclinado, colocado directamente sobre el área de aproximación. Para determinar las dimensiones de esta área, éstas se medirán horizontalmente.

La zona de aproximación tiene una longitud de 10.000 pies (3.050 m.), comenzando desde 200 pies (60 m.) hacia afuera del final de cada lado de la pista y extendiéndose hacia afuera o sea, una longitud total de 10.200 pies (3.110 m) desde el final del pavimento de la pista y sobre - la línea central extendida a cada lado de la pista.

El área de aproximación está simétricamente colocada con respecto a la prolongación de la línea central de la pista. Tiene un ancho total de 500 pies (152 m) en su lado - adyacente al final de la pista, y se ensancha uniformemente hasta alcanzar un ancho total de 2.500 pies (762 m) a la -- terminación de los 10.200 pies (3.110 m)

Para aeropuertos destinados a operar con instrumenten

tos estas dimensiones aumentan y disminuyen, para aquellos de servicio local y secundarios.

La pendiente de la superficie de aproximación a lo largo de la prolongación de la línea central es de 40 a 1 .

A.2. Superficie horizontal.- Es un plano de forma circular con una altura de 150 pies (45,75 m) colocado sobre el nivel establecido de la pista o sea, sobre el punto más alto del área útil de aterrizaje, y con un radio, desde el punto de referencia de la pista (+), de 10.000 pies (3.050 m).

A.3. Superficie cónica.- Es una superficie que se extiende hacia arriba y hacia afuera de la periferie de la superficie horizontal con una pendiente de 20 a 1 en un plano vertical que pase por el punto de referencia del aeropuerto. La superficie cónica se extiende, en plano horizontal, medida hacia afuera de la periferie de la superficie horizontal, unos 5.000 pies (1.525 m).

A.4. Superficie de tránsito.- Son planos inclinados con pendientes de 7 a 1 medidos hacia afuera y hacia arriba sobre un plano vertical que hace un ángulo recto con la prolongación de la línea central de la pista. Estas superficies se extienden paralelas a la prolongación de la línea central de (+) Punto imaginario en el centro aproximado del área de aterrizaje ( P R ).

la pista sobre una línea, cada una, separada con una distancia equivalente a la mitad del ancho mínimo de la superficie de aproximación. Es decir, en este caso, una distancia de 1.250 pies (381 m)

B.- Limitación de alturas sobre la tierra.- Se considera como obstrucción a la navegación aérea a todo objeto que esté a más de 500 pies (152 m) sobre la tierra o que caiga dentro de las siguientes categorías:

B.1. Objetos que estén a más de 150 pies (45,75 m) sobre el suelo o sobre el nivel establecido del aeropuerto; -- cualquier objeto que tenga una mayor altura a la indicada, -- dentro de las tres millas (4,827 Km) reglamentarias desde el punto de referencia del aeropuerto, y que aumenten su altura en una proporción de 100 pies (30,5 m) por cada milla adicional pero que no exceda de los 500 pies (152,5 m).

B.2. Objetos que aumentarían la mínima altura de vuelo final de aproximación.

De acuerdo a estas reglas, en primer lugar se determinará la superficie de aproximación, trazando un trapecio a cada lado de la pista y cuya base menor esté separada 60 metros del borde de la pista. Las superficies de tránsito, tanto como las de aproximación no cortan líneas de nivel superiores a 2.800 metros que es el nivel establecido de la pista. Por lo tanto, ningún punto que esté comprendido bajo

estas áreas puede considerarse como obstáculo a la navegación aérea.

La superficie horizontal se determina mediante una circunferencia de 3.050 metros con centro en el punto de referencia del aeropuerto. Cualquier punto que esté sobre la cota 2.850 y dentro del círculo formado, se considera como obstáculo. Así, los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 cortados por esta circunferencia y todos aquellos que estén dentro del círculo y que tengan cota 2.850 o más. (plano L - 1)

Como puede verse en el plano de obstáculos L-1, entre los puntos 1 y 2 existe una montaña irregular que se extiende paralelamente a la pista de aterrizaje y se eleva precipitadamente. Por el lado norte, en cambio, se nota una separación hacia afuera de la pista.

Entre los puntos 3 y 10, sucede algo similar pero la elevación natural no corre paralela a la pista sino que se separa de ella tanto por el lado norte como por el lado sur-este, quedando la pista de aterrizaje entre dos elevaciones en su entrada norte como si formaran una gran puerta, la que debe ser señalada.

A más de estas elevaciones, no se tiene ninguna que sea obstáculo debido a esta altura, pero, como la superficie cónica se extiende un kilómetro más allá, con pendiente 20 : 1 se traza circunferencias con radio de 500 metros -

mayores cada una y las curvas de nivel correspondientes a 25 metros o más que las corten, indicarían las intersecciones de la superficie cónica con el terreno.

Del análisis de estas circunferencias se puede determinar fácilmente los puntos que se consideran obstáculos a la navegación aérea en las inmediaciones del aeropuerto. - Así, se nota que el aeropuerto está rodeado de tres obstáculos naturales que dificultan los vuelos aún en condiciones de buena visibilidad. Estas son las dos anotadas anteriormente y la que queda sobre el Estadio Olímpico Atahualpa es decir, las zonas denominadas Miraflores y Batán Grande.

Los puntos donde estas elevaciones comienzan a ser obstáculo se han determinado por medio de las circunferencias trazadas y por medio de las curvas de nivel. Para señalar estas montañas se podría poner una fila de luces por estos puntos y luces espaciadas suficientemente en el resto de las elevaciones para determinar más o menos su forma y su altitud. Este método resultaría demasiado costoso y complicado ya que se necesitaría de una gran cantidad de circuitos para cubrir toda la montaña.

Para obviar esta dificultad, se acostumbra señalar una gran prominencia natural por medio de una lámpara de destellos ubicada en la parte más elevada y, si la obstrucción es extensa horizontalmente, se puede poner unos cuantos fo -

cos color rojo, en los límites de lo que es realmente obs --  
trucción.

De esta manera, para señalar la elevación nororien --  
tal, se dispondrá de un faro de destellos omnidireccional --  
provisto de una pantalla color rojo, que emita 40 destellos  
por minuto. Esta señal se la montará en una torre de hierro  
en la parte más alta de la elevación en mención o sea en el  
sitio I del plano de obstáculos L-1.

Con esta señal quedaría prácticamente determinada  
esta elevación pero, aprovechando que en la intersección de  
la calle Tufiño con la carretera Panamericana existen antenas  
de transmisión de Radio que, además, se encuentran dentro de  
las áreas consideradas obstáculo, se señalará estos puntos -  
por medio de los focos normales utilizados para señalar obs-  
táculos. La alimentación de estas luces las hará el dueño de  
las torres y, al mismo tiempo se encargará de alimentar y ac  
cionar las luces de las antenas y la del faro de destellos -  
colocado en I. Más adelante, en el capítulo 4, trataré más -  
detenidamente este asunto.

Desde estas torres hasta el punto I existe una dis  
tancia de unos 1.250 metros. Por lo tanto será necesario ten  
der una línea entre estos dos puntos para la alimentación de  
la señal I.

Como se conoce, la elevación oriental abarca casi

toda la extensión de la pista y es un obstáculo también en toda su extensión. Por esta razón se señalará varios puntos aprovechando la existencia de torres en los puntos II, III y IV, en las cuales se pondrá luces rojas de obstrucción de la siguiente manera:

En las torres del punto II, se pondrá una luz de obstáculo en la punta de cada una; en la torre del punto III, también una luz de obstrucción en la punta y otra, en las dos terceras partes de su altura; en las torres del punto IV, como son de transmisión de energía eléctrica, se pondrá una luz doble en las torres de los extremos y una luz simple en las intermedias. Además existe una antena provista de ~~das~~ lu ces rojas en el punto IV.

Para determinar la elevación occidental que corre paralela a la pista, se aprovechará la torre de H.C.J.B. que se encuentra en el punto A, a 3.300 m. aproximadamente sobre el nivel de la pista, el mismo que se encuentra localizado en un punto que se divisa desde las áreas de aproximación -- tanto norte como sur ya que, por ser una antena para transmi tir señales de televisión, debe tener visión desde todos o, por lo menos desde la mayoría de los puntos hasta los cuales se quiere transmitir los programas. Esta antena es visible desde más al norte de Cotocollao y desde casi toda la ciudad de Quito.

Por lo tanto, siendo éste un punto tan importante, deberá ser indicado por medio de un faro de destellos color rojo. Así quedaría perfectamente determinada la entrada sur a la pista en lo que se refiere a obstrucciones.

Siguiendo hacia el norte, todos los puntos de esta elevación se clasifican como obstrucción y se los señalará de la mejor manera posible.

Aprovechando la existencia de zonas pobladas hacia el lado oeste de la Avenida de la Prensa, se pondrá una torrre entre los puntos A y E, e irá provista de luces dobles de obstrucción, con un relé de transferencia. Para señalar el punto E, que determina la entrada norte, se pondrá una torrre en la parte más alta con un faro de destellos rojos.

De esta manera quedaría determinada la obstrucción occidental con dos faros de destellos en sus extremos y con dos luces fijas entre ellos.

Como último paso, quedaría señalar las construcciones propias del aeropuerto consistentes en edificios, tanques de combustible, hangares y antenas que se encuentran localizadas en el lado occidental de la pista.

Como existe una gran cantidad de estas obstrucciones, no sería útil indicarla a todas. El objeto de indicar estas obstrucciones se conseguiría fácilmente, indicando los obstáculos más prominentes o bien, poniendo luces rojas a es

pacios convenientes desde la obstrucción más lejana hasta el edificio de la terminal. Actualmente existen luces rojas en este edificio y en las antenas que hay en ésta área. Por lo tanto, quedaría sólo indicar los edificios de Area, Tame y los de la FAE, por el lado norte y los de ATESA y los tanques de ESSO por el lado sur.

Así, las luces rojas se colocarán de la siguiente manera:

En la torre de la antigua terminal de Area se pondrá dos luces dobles, lo mismo que en el edificio de DAC.

En el edificio de TAME se pondrá una luz doble en la torre de control y ótra igual en el hangar (o taller) que se encuentra a su lado.

A continuación vienen los edificios de la FAE marcados con las letras a, b y e, que irán provistos de cuatro luces dobles cada uno es decir, una luz en cada esquina y, los marcados con las letras c y d irán con dos luces cada uno en los puntos indicados con rojo en el plano de luces L-2. Los puntos marcados con una cruz roja indican los puntos provistos de luces rojas, actualmente.

Por el lado sur, se encuentran los edificios de ATESA y los tanques de ESSO que si bien, no son altos, deben ser señalados. Allí se pondrá 4 luces rojas de obstrucción en total, quedando señalado la totalidad de los puntos obli-

gados en el área de aterrizaje.

Lámparas de contorno para indicar el límite del campo.- Las luces de contorno no son tan importantes para el piloto que se aproxima a un aeropuerto pero le sirven para conocer el área en la cual va a operar. Estas luces se utilizan para indicar el límite verdadero del área útil de aterrizaje. Su colocación es bastante sencilla ya que debe ponerse una luz en cada ángulo del límite y, entre éstas, otras distanciadas a unos 90 o 100 metros y separadas uniformemente. En tramos cortos, esta distancia puede ser menor pero nunca inferior a 60 metros. Cuando existe una valla al extremo del aeropuerto, las luces se colocarán a unos tres metros de la misma. En lo referente a su altura, van montadas a unos 75 cm. sobre el nivel del suelo con el objeto de que no sean cubiertas por pequeñas irregularidades del terreno, obstaculizando su visibilidad. Cuando no es posible montarlas a esta altura, se las puede poner hasta 1,5 metros pero no más.

Estas luces, en contraste con las luces de contacto, que no tienen haz vertical, están provistas de globos prismáticos omnidireccionales es decir, que emitan rayos de luz en todas direcciones para que puedan ser vistas desde cualquier lado. Su intensidad lumínica se la cataloga como baja. Por otro lado, estas luces se colocan sobre superficies blanqueadas y sobre conos de color anaranjado dando una

buena indicación del perímetro del aeropuerto aún en día y -  
bajo buenas condiciones de visibilidad.

Mientras no se establezca un sistema instrumental  
completo de aterrizaje, estas luces no se instalarán.

Luces de Pista.- Para la ubicación de las luces de  
pista y las de umbral, así como las de aproximación, es ne-  
cesario seguir más exactamente las normas de la F.A.A. ya --  
que constituyen las ayudas más necesarias para el piloto una  
vez que ha divisado el área útil de aterrizaje.

Las luces de pista, denominadas luces de contacto,  
van ubicadas en dos hileras paralelas a los bordes de la pis  
ta y equidistantes a la línea central de la misma. Estas lu-  
ces van dispuestas de manera que una luz de una fila quede -  
frente a su compañera de la otra fila; así, una línea que u-  
ne a las dos, deberá formar un ángulo recto con la línea centr  
al de la pista.

El espaciamiento longitudinal debe ser uniforme a  
lo largo de toda la pista y no debe ser mayor de 60 metros.  
Sin embargo, cuando se presentan intersecciones con las ca-  
lles de acceso, la uniformidad se vería interrumpida. En es-  
tos casos, debe guardarse un espaciamiento uniforme dentro -  
de las secciones individuales de la pista de aterrizaje o --  
sea, entre dos intersecciones consecutivas y entre una interse  
cción y el final de la pista. En los espacios que compren-

den las intersecciones no se pone ninguna luz a menos que és te sea demasiado grande, entonces se puede poner una luz en el lado recto, sin su compañera que debería estar colocada - en la intersección.

Así, en el presente proyecto, la pista de aterriza je tiene 3 intersecciones que cortan el lindero occidental - de la pista, quedando cuatro tramos de diferentes longitudes entre puntos de tangencia. (Puntos de tangencia (PT) son a - aquellos donde se unen dos lados curvos o un recto con un curvo o dos rectos).

El primer tramo tiene una longitud de 1.034 metros.

$1.034 : 60 = 21,7$  espacios pero como se desea es pacios enteros, se puede poner luces en 22 espacios, separadas a:

$$1.034 : 22 = 59,27 \text{ metros;}$$

El segundo tramo tiene 466 metros y, como en el ca so anterior,

$$466 : 60 = 7,7 \text{ o sea } 8 \text{ espacios}$$

$$466 : 8 = 58,25 \text{ metros;}$$

El tercer tramo tiene una longitud de 144 metros. Aquí, bastará dividir al tramo en tres partes y se tendrá:

$$144 : 3 = 48 \text{ metros y;}$$

El último tramo tiene una longitud de 940 metros.

Como en el primer caso,

940 : 60 = 15,66 o sea, 16 espacios

940 : 16 = 58,75 metros.

Como las intersecciones tienen un espacio de 56 me tros cada una, no es necesario poner una luz adicional en -- los lados rectos de la pista.

Resumiendo, se tendría lo siguiente:

Primer tramo .- 23 luces separadas a 59,27 m.;

Segundo tramo.- 9 luces separadas a 58,25 m.;

Tercer tramo .- 4 luces separadas a 48,00 m.;

Cuarto tramo .- 17 luces separadas a 58,75 m.;

Total                    53 luces en cada lado de la pista

o sea, un total de 106 luces en todo su perímetro.

Como se puede ver, a lo largo de toda la pista se encuentra el piloto que rueda en ella, con diferentes espaciamientos que oscilan entre los 58 metros pero, en el tramo pequeño disminuye bruscamente a 48 m., lo que podría resultar molesto. Por esta razón, un espaciamiento uniforme para toda la pista sería el aconsejado para este caso, ya que existen muchas intersecciones. Con ésto, en las intersecciones II e I5 no se podrá completar el par de luces correspondientes a las 23 y 35, lo cual no es dificultad ni molestia para el piloto. La separación entre luces será de 60 m. en toda la pista, interrumpiéndose sólo el lado occidental en las intersecciones.

El espaciamiento longitudinal de las luces de pista no debe exceder de 60 m. porque se ha comprobado, según experiencias realizadas, que un espaciamiento mayor hace más difícil percibir un gran número de luces con visión directa y, mientras disminuye la separación entre luces de una misma hilera, aumenta el número de luces visibles y se puede distinguir directamente hasta una distancia mayor. Así, con luces espaciadas a 60 metros a lo largo de la pista, el piloto ve de 4 a 5 luces en cada hilera, cuando hay visibilidad de 200 metros. (Fig. 3-1-a). Pero, con un espaciamiento de 30 metros (fig. 3-1-b), no sólo se ve de 10 a 11 luces por hilera sino, además, por lo menos una luz adicional por hilera porque sus ojos pueden seguir con más exactitud, la misma.

Sin embargo, la instalación de luces a menor distancia, implica un costo más elevado porque se duplica el número de las lámparas, de los transformadores de aislación, la potencia de la fuente suministradora de energía eléctrica, etc. De esta manera, se justifica la instalación de las luces a una distancia de 60 metros y además, porque no significa ningún riesgo para el avión que efectúa una operación.

Como ya se conoce, estas luces son de color blanco en toda la extensión de la pista pero si se desea, se puede mostrar una coloración amarilla en los últimos 1.500 pies (500 metros) de la pista con el objeto de indicar al piloto

que se encuentra cerca del final de la misma. Las lámparas - destinadas a este objeto deberán estar dotadas de pantallas bicolors 180° color blanco en sentido de entrada a la pista y 180° color amarillo en sentido de abandonar la pista.

Por lo tanto, tendrán filtro color amarillo los 9 primeros pares de luces en cada extremo de la pista, como se indicó en el párrafo anterior.

Las hileras de luces irán colocadas a unos tres me tros separadas del borde del pavimento de la pista. Su ubica ción se determina en el plano de luces L-2. La figura 3-2 da rá una idea más clara de su colocación.

El haz de luz emitido por las luces de pista, debe estar dirigido de tal manera que presente su mayor intensi dad hacia unos cuatro grados, más o menos sobre la horizon tal y dirigidos hacia el centro de la pista, formando un án gulo de cuatro grados con la línea central de la pista.

Como las lámparas elevadas emiten rayos de luz a - 360° en horizontal, bastará darle una inclinación de unos -- cuatro grados hacia el centro de la pista para tener un efec to similar.

Luces de calles de acceso.- Las calles de acceso - se iluminan por medio de luces azules colocadas en fila a -- los lados de las calles, definiendo sus límites laterales y su dirección. El espaciamiento de las luces puede disminuir

con relación a las luces de la pista principal pero en ningún caso ser mayor de 200 pies (60 m). El espaciamiento longitudinal será calculado desde los puntos de tangencia (PT) al otro extremo de la sección o tramo a iluminarse.

Para el Taxi B (Plano L-2) en su lado recto, con 910 m., se pone luces espaciadas:

$\frac{910}{60} = 15,1$  aproximadamente 16 espacios o sea 17 -  
luces, inclusive las de los extremos más dos luces indicadoras del final del tramo (más adelante se explica la existencia de estas luces), dan un total de 21 luces. Esto, a cada lado de la calle.

Para el tramo entre Taxi A y Taxi B, se pone cuatro luces incluyendo las de los Puntos de Tangencia, a 48 metros cada luz más dos luces de los finales, son 6 luces a cada lado.

Para el Taxi A, como tiene dos intersecciones, la separación entre las luces es como en la figura 3-3

Tramo A'.-  $\frac{440}{60} = 7,35 \approx 8$  espacios o sea, 9 luces inclusive las de las intersecciones más dos, dan 11 luces a cada lado;

Tramo B'.-  $\frac{120}{60} = 2$  espacios o sea, 3 luces más dos de las finales, dan 5 luces a cada lado;

Tramo C'.-  $\frac{1200}{60} = 20$  espacios o sea 21 luces más

2, son 23 luces en cada lado.

Generalmente las intersecciones tienen lados curvos y por eso, se debe poner especial atención en lo que se refiere a la indicación de los PT. Un Punto de Tangencia se indica por medio de dos luces adicionales colocadas fuera de la fila de luces de pista, de tal manera que presenten una mínima interferencia visual entre ellas y las luces de pista. Estas luces adicionales se colocan espaciadas unos dos metros, formando ángulo recto con la fila de luces de pista.

Las intersecciones de las luces de pista con las calles de acceso se denominan puntos de entrada - salida y se indican con el par de luces indicadoras o si se desea, por medio de letreros luminosos, los cuales se colocan adyacentes a los puntos de tangencia.

Letreros de esta clase se utilizan también en las intersecciones de las calles de acceso con las plataformas de parqueamiento de los aviones.

Las caras de los letreros deben formar ángulo recto con el filo de la pista adyacente o de la plataforma para proporcionar una mejor visibilidad y legibilidad; el filo más cercano de la señal estará mínimo a un metro de la fila de luces de pista con el objeto de no interferir la visibilidad de estas luces. Cuando se trata de señalar una plataforma de parqueamiento, los letreros pueden colocarse a una dis

tancia mayor que la indicada pero a no más de tres metros hacia afuera de dicha fila.

En las intersecciones de las calles de acceso con la pista principal de aterrizaje, los letreros deben mostrar la palabra EXIT, más una pequeña flecha direccional dirigida hacia la banda de la calle de acceso y la otra cara deberá mostrar una leyenda que identifique la calle de acceso específica, como por ejemplo, TAXI F. La primera cara dará hacia adentro de la instalación mientras la segunda, hacia afuera, (figura 3-4).

Señalación de puntos de tangencia:

- (1) Par de luces adicionales
- (2) Letreros luminosos.

Las letras o leyendas usadas pueden ser arbitrarias pero para una mejor comprensión de la señal, se usa la designación americana que es la más conocida. Las principales designaciones y las más comunes son:

- RAMP.- Parqueamiento general;
- PARK.- Areas para parqueamiento de aviones;
- FUEL.- Areas de abastecimiento de combustible;
- GATE.- Entrada a una plataforma;
- EXIT.- Salida de una pista o plataforma;
- MIL .- Areas para aviones militares;
- CRGO.- Areas de carga o descarga de los aviones;

INTL.- Areas para maniobras de aviones para vuelos internacionales;

HGR .- Hangares o área de los mismos;

TAXI.- Calle de acceso; etc.

Números indican una pista de aterrizaje.

Los letreros utilizados para indicar las lozas de estacionamiento serán similares a los usados para las calles de acceso pero con una leyenda que diga RAMP y una flecha en dirección hacia la loza.

De esta manera se colocará letreros con la leyenda RAMP y EXIT, en la intersección i5; Letreros con la leyenda RAMP, sólomente en su lado interno con respecto a la intersección i6; un letrero con la leyenda TAXI A en la intersección i4, en el PT 21 y ótro con la leyenda TAXI B en la misma intersección pero en el PT 23. Además, para indicar la entrada a la loza de parqueamiento militar, se pondrá un letrero con la leyenda MIL en sus dos caras en la intersección i7 y en el PT 8, con sus respectivas flechas direccionales y -- por último, un letrero con la leyenda TAXI C en sus dos caras, en la intersección i2 que lleva a la loza de parqueamiento de los aviones de la compañía TAME. También se colocarán 2 letreros con leyendas RAMP-2 en sus dos caras el uno y RAMP con una flecha en una cara, el otro en la intersección i2, según plano L - 2.

En los puntos donde no es necesario efectuar una indicación particular como son los puntos donde terminan las calles de acceso, bastará poner las dos luces adicionales -- perpendiculares a la altura del punto de tangencia.

Para indicar la terminación de un tramo recto se -- suele disponer de dos luces adicionales, una en cada hilera de luces, distanciadas a lo más unos 15 metros del punto de tangencia y sobre la línea formada por la hilera de luces. -- Con esto, se da al piloto una indicación de que se aproxima a una intersección. (Fig. 3-5)

Para tramos pequeños menores de 60 metros como los que existen en las intersecciones de las calles de acceso -- con la pista de aterrizaje, las luces se colocarán entre los puntos de tangencia del tramo a espaciamientos menores pero en ningún caso a más de 30 metros. Los espaciamientos serán uniformes y simétricos con respecto al punto medio entre los dos PT.

En los casos en los que es necesario iluminar un -- solo lado de las calles de acceso, como en la intersección 7, el espaciamiento de las luces será también menor y nunca excederá de los 30 metros. Las luces se colocarán uniformemente espaciadas entre los puntos opuestos a los PT de la calle que lo intersecta y además, las luces adicionales a 15 me -- tros del PT y hacia afuera de la intersección.

En el lado recto de un tramo menor a 60 metros, como norma general (lado recto de una intersección), el espaciamiento entre luces no excederá de 15 metros. Como las calles que forman las intersecciones dan lados rectos de unos 56 metros, el espaciamiento de las luces en ellos no será mayor de 15 metros (fig. 3-6).

De igual manera, los lados rectos de las calles -- que forman las intersecciones y que unen la pista de aterrizaje con las calles de acceso, son menores de 60 metros y el espaciamiento entre las luces será como sigue:

Distancia entre PT = 52 m.

$\frac{52}{15} = 3,5$  aproximadamente 4 espacios; o sea 3 luces intermedias entre los PT. Como todos los lados son iguales en las intersecciones, todas tendrán esta misma disposición de luces.

Los lados curvos de una intersección deben ser iluminados por medio de luces uniformemente espaciadas y su separación no debe ser mayor que la indicada en la tabla 3-I. En toda curva con un arco mayor a 30°, deberá haber por lo menos tres luces, incluidas las de los PT. (Fig. 3-7).

Radio R de la curva en pies	Distancia "Z" en pies
15	20
25	27

Radio R de la curva en pies	Distancia "Z" en pies
50	35
75	40
100	50
150	55
200	60
250	70
300	80
400	95
500	110
600	130
700	145
800	165
900	185
1000	200, máximo.

Tabla 3-I

Nota.- Para valores de R no indicados, Z se obtiene por interpolación lineal;  
Z es en línea recta.

La posición de las luces se da en el plano L-3

Para los lados curvos de las calles de acceso, se tendrá la siguiente disposición de luces:

En las intersecciones donde se tiene un arco de 90°;

su radio es aproximadamente unos 10 metros y según la tabla 3-I, se deberá poner luces espaciadas a unos 30 pies es decir, aproximadamente 10 metros. El lado curvo tiene una longitud de:

$$\frac{D\pi}{4} = \frac{2 \times 10 \times 3,14}{4} = 15,7 \text{ metros}$$

por lo tanto, será necesaria una sola luz entre los PT correspondientes pero como estos valores son sólo los mínimos, tranquilamente se puede poner una luz cada 30 grados quedando cuatro luces en total incluidas las de los PT (fig. 3-8).

En las intersecciones con la pista de aterrizaje, el un PT estará determinado por las dos luces auxiliares transversales o por los letreros luminosos y las luces azules se colocarán como en el caso anterior. (Fig. 3-9).

Para la iluminación de los lados curvos de las intersecciones de las calles de acceso con los terminales de la pista de aterrizaje, consideraré que los lados mencionados siguen una curva aproximada a un arco de circunferencia tanto en su lado interior como en su exterior, entre los puntos 2, 3 y 4, con un radio igual a 56 m. que equivalen a 184 pies, en el lado interior y 86 metros en el otro lado, en la intersección norte.

Para el primer lado, según la tabla 3-I el espaciamento entre luces será de 60 pies.

El arco tiene una longitud:

$$L = \frac{D\pi}{4} = \frac{184 \times \pi \times 2}{4} = 289 \text{ pies. De esta ma-}$$

nera, se debería poner cuatro luces intermedias entre los -- puntos de tangencia quedando en total, 6 luces, inclusive -- las de los puntos de tangencia.

En el lado exterior, con un radio de 86 metros e - quivalentes a 282 pies que da una separación de las luces, - de unos 80 pies. Así,

$$L = \frac{282 \times \pi \times 2}{4} = 440 \text{ pies, lo que indica que}$$

debe ponerse cinco luces intermedias quedando en total, 7 lu ces, inclusive las de los puntos de tangencia.(Fig. 3-10)

En la intersección sur, se sigue un criterio igual que en la anterior, y como aquí se presenta un pequeño tramo recto, asumiré que se trata de una curva de radio igual al - del caso anterior. Así, se tendrá seis luces en el lado inte rior y 7 luces en el lado exterior.

Proyector indicador de permiso o prohibición de aterrizaje.- El proyector indicador de permiso y prohibición de aterrizaje está diseñado para proyectar un haz concentra- do de alta intensidad y debe ser colocado en la torre de con trol al alcance del personal de operación. Como estos apara- tos vienen provistos de un transformador para adaptar el vol taje a la lámpara, conectándose su primario a 110 voltios, -

su instalación no presenta dificultad pues se lo puede conectar a cualquier tomacorriente de ese voltaje o si fuere necesario, hacer una conexión independiente pero al voltaje indicado. Además, para operación de emergencia cuando ha fallado la línea de alimentación, vienen provistos de un cable para conectar el reflector a una batería de 6 voltios.

Proyector indicador de altura de las nubes.- El -- proyector indicador de la altura de las nubes, conocido como "proyector de cielo" y que ya conocemos su funcionamiento, - será del tipo indicado en primer lugar en el capítulo II. Es decir, un proyector que emita su haz verticalmente colocado a 1.000 pies del sitio donde se coloca el clinómetro en la - torre de control y hacia el lado SUR. Esta distancia se medirá en plano horizontal. El proyector se lo puede fijar a una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo, sobre una base ornamental o simplemente, sobre un tubo de hierro galvanizado de 4" de diámetro. Esa altura se da al proyector con el objeto de protegerlo contra obstrucciones naturales y contra personas ajenas a su cuidado.

El reflector será alimentado desde la torre de control sólomente el momento de necesitar su servicio y, la altura del techo de nubes sobre el nivel del suelo, quedará determinada por la altura dada por el clinómetro más la dife - rencia de altura entre el clinómetro y el reflector, que es

siempre una cantidad constante (fig. 3-11).

En este caso, la altura del techo de nubes sobre el nivel del suelo, sería:

$$H = K + d.tg\alpha$$

en la que,

H = altura del techo de nubes en pies,

K = 40,00 pies (constante)

d = 1.000 pies,

$\alpha$  = ángulo medido por el clinómetro.

Es necesario que el clinómetro esté en un lugar fijo con el objeto de mantener siempre constante el valor de 1.000 pies. Por esta razón se lo debe asignar siempre un puesto en la torre de control junto a la ventana SUR y fijarlo allí.

Plataforma de parqueamiento.- Para iluminar la plataforma general de parqueamiento, lo ideal sería poner reflectores bastante elevados que emitan su haz desde arriba para que no deslumbren a las personas que se encuentren allí. Desgraciadamente, esto no es posible ya que luces muy elevadas pueden transformarse en obstáculo a la navegación aérea.

Como solución a este problema se puede poner dos bancos de reflectores en los extremos de la terminal que iluminen toda la plataforma con rayos de luz de arriba hacia abajo; las luminarias que existen en los pilares de la terminal

nal sirven para iluminar la sección correspondiente a la llegada o salida de los pasajeros, obteniéndose un nivel más -- uniforme de iluminación en la plataforma.

Para evitar el deslumbramiento al personal y pasajeros se pondrá dichos bancos de reflectores sobre pequeñas torres con la parte superior inclinada de manera que los reflectores se internen un tanto sobre la plataforma y envíen sus rayos lo más verticalmente posible.

Para obtener una iluminación en la parte posterior (oriental) de la plataforma se dispondrá, en el redondel que la limita, de cuatro reflectores bajos, montados sobre tubos de hierro a 75 cm. sobre el suelo, con su haz estrecho en -- sentido vertical y amplio en sentido horizontal y dirigido -- unos cuatro grados bajo la horizontal, para evitar el deslumbramiento. (Fig. 3-12)

La utilización de estos reflectores se justifica -- con los cálculos realizados en el próximo capítulo.

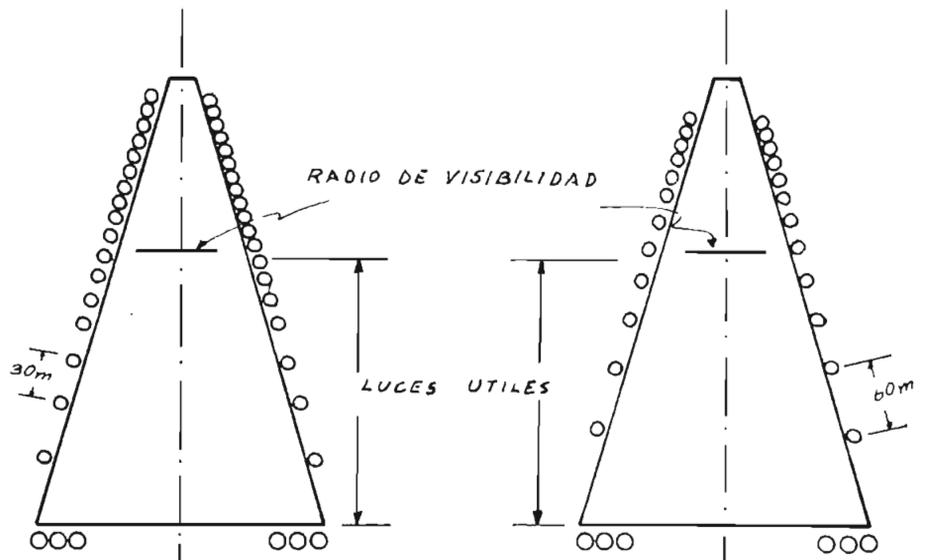


Fig 3-1-b

ACCESO POR LA LINEA CENTRAL

Fig 3-1-a

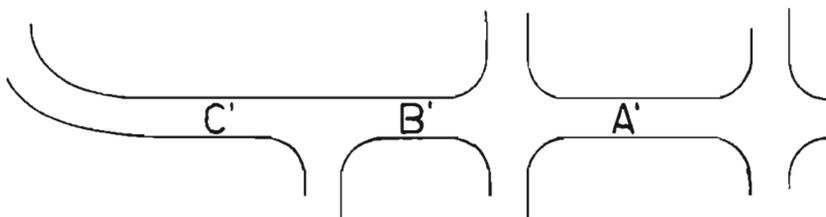


Fig 3-3

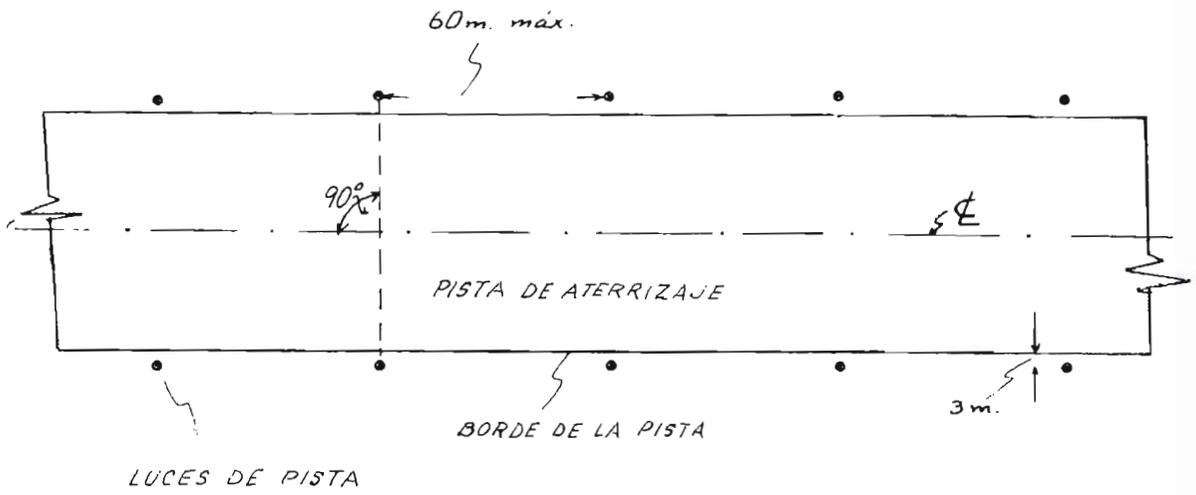


Fig 3-2

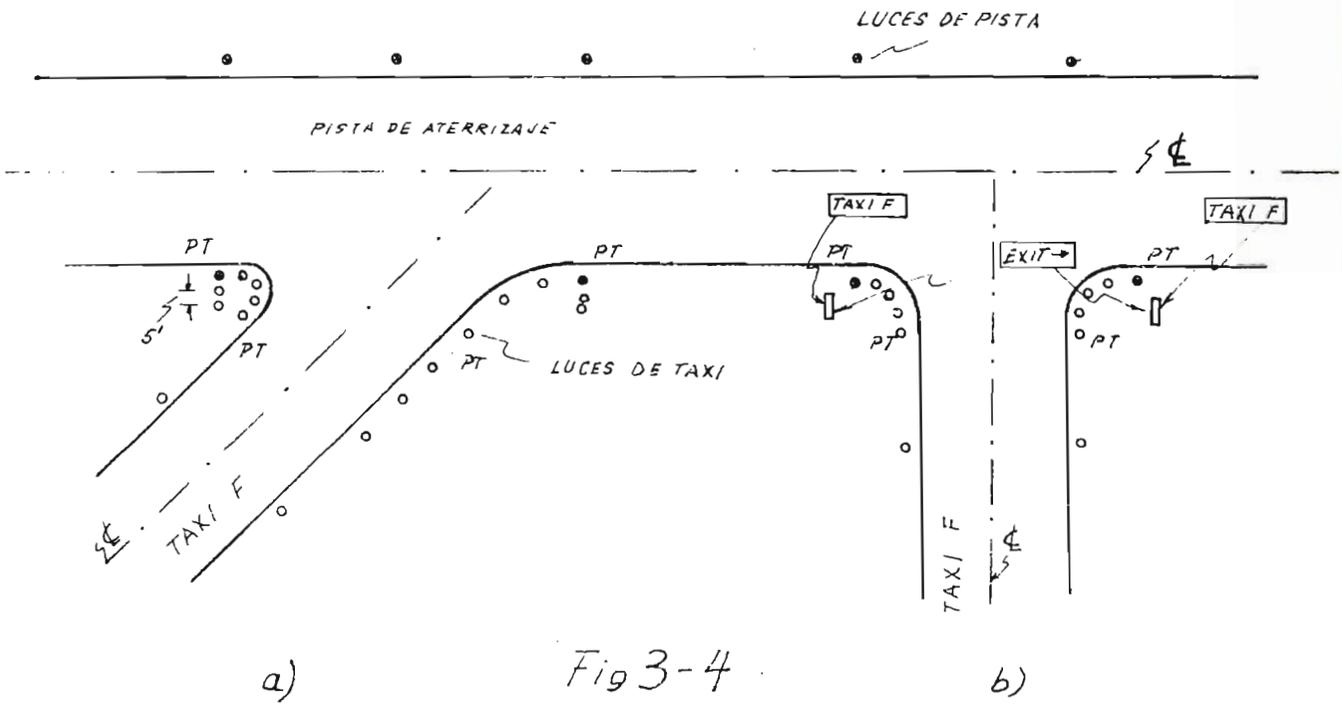


Fig 3-4

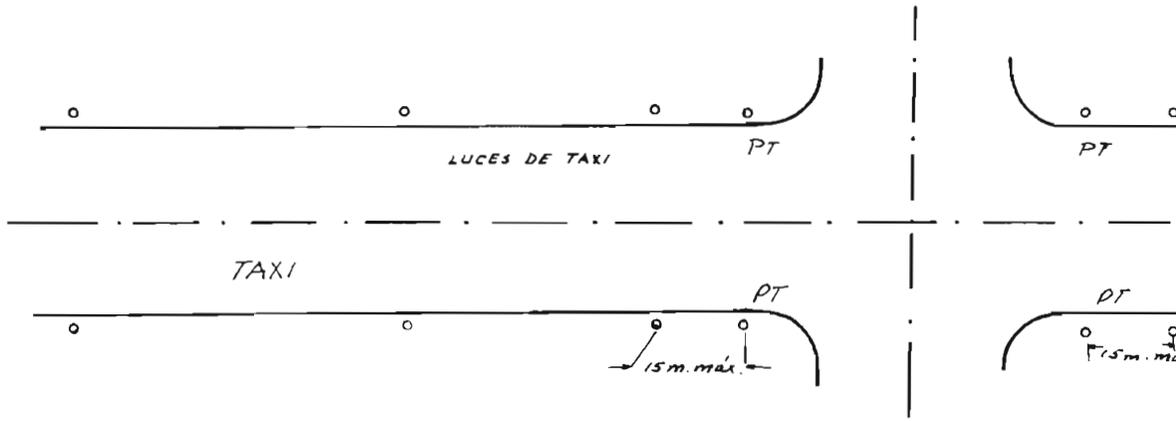


Fig 3-5

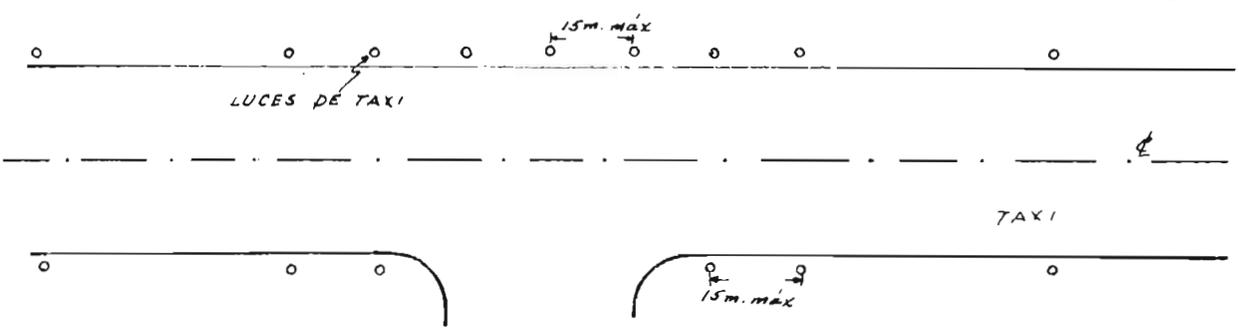


Fig 3-6

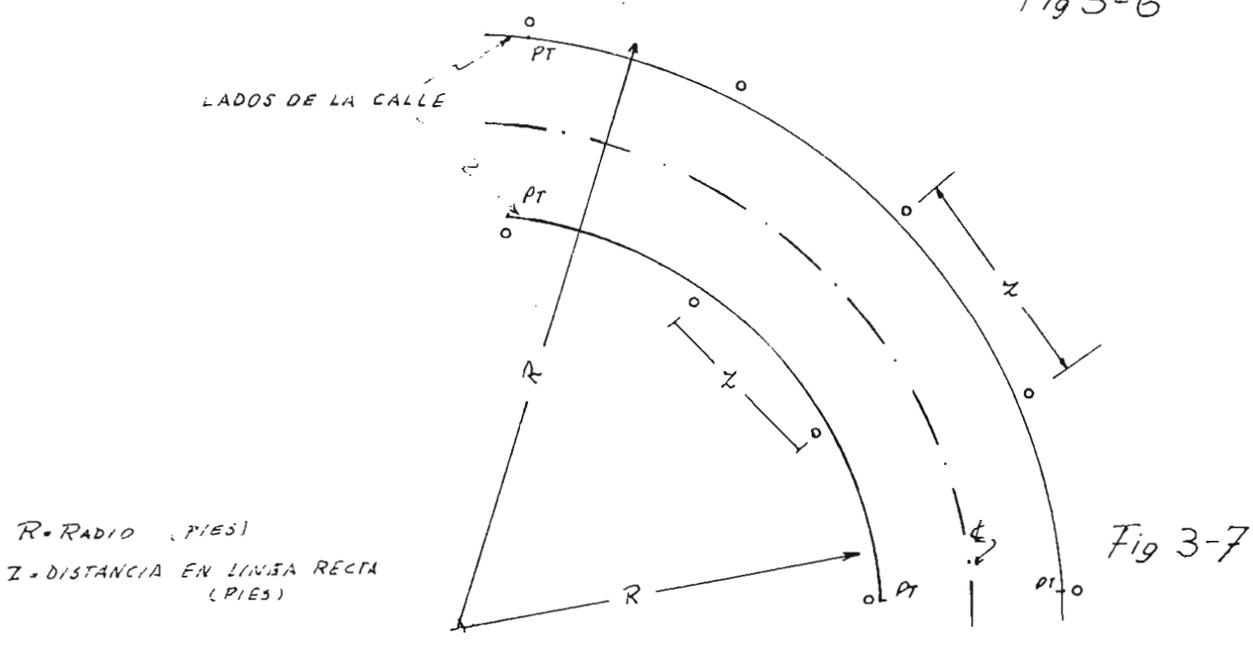


Fig 3-7

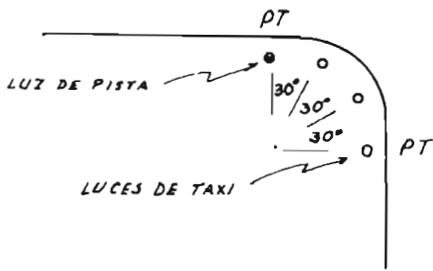


Fig 3-8

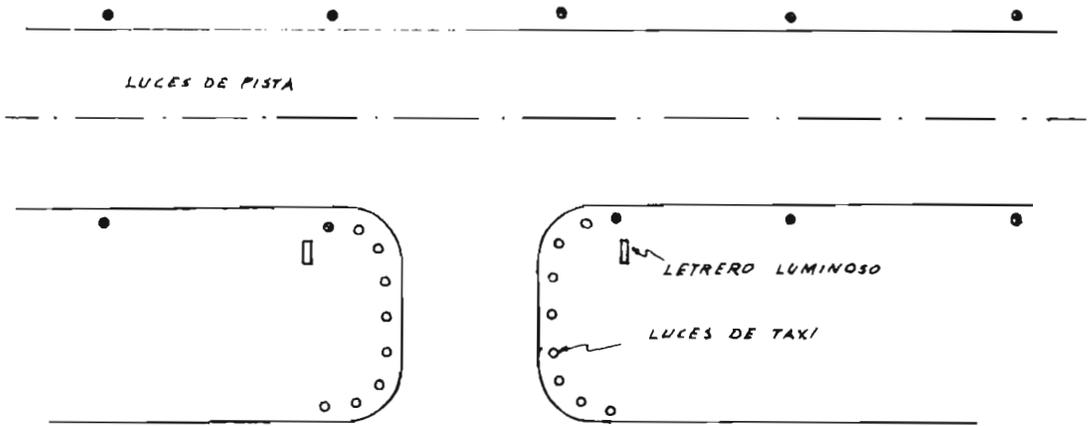


Fig 3-9

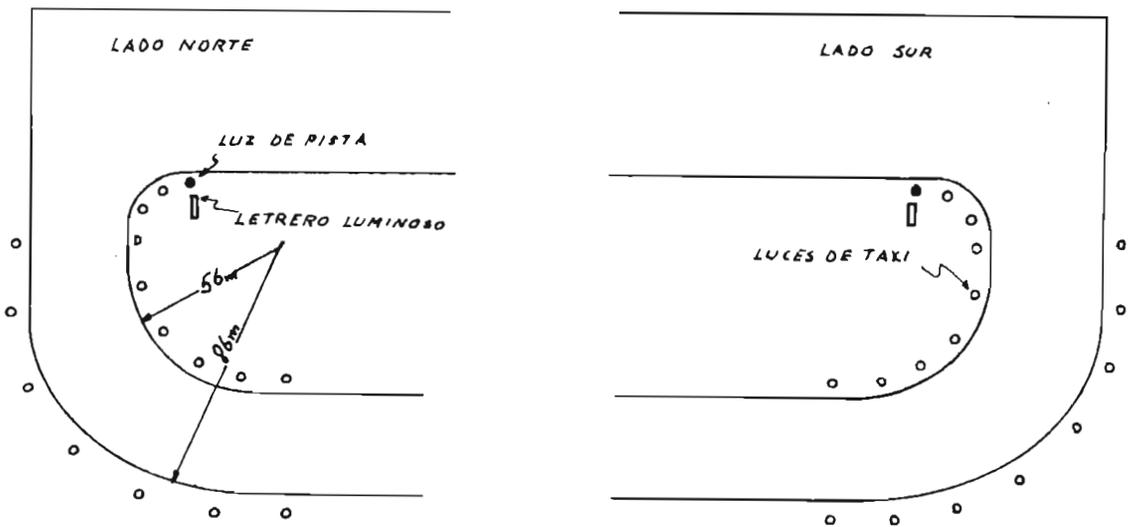


Fig 3-10

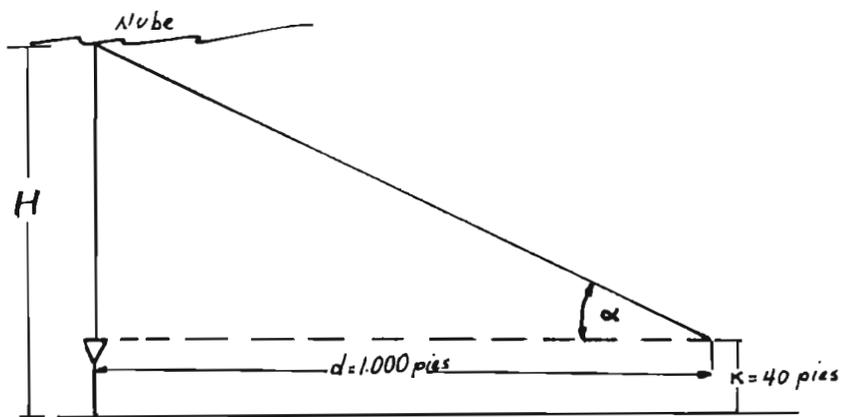
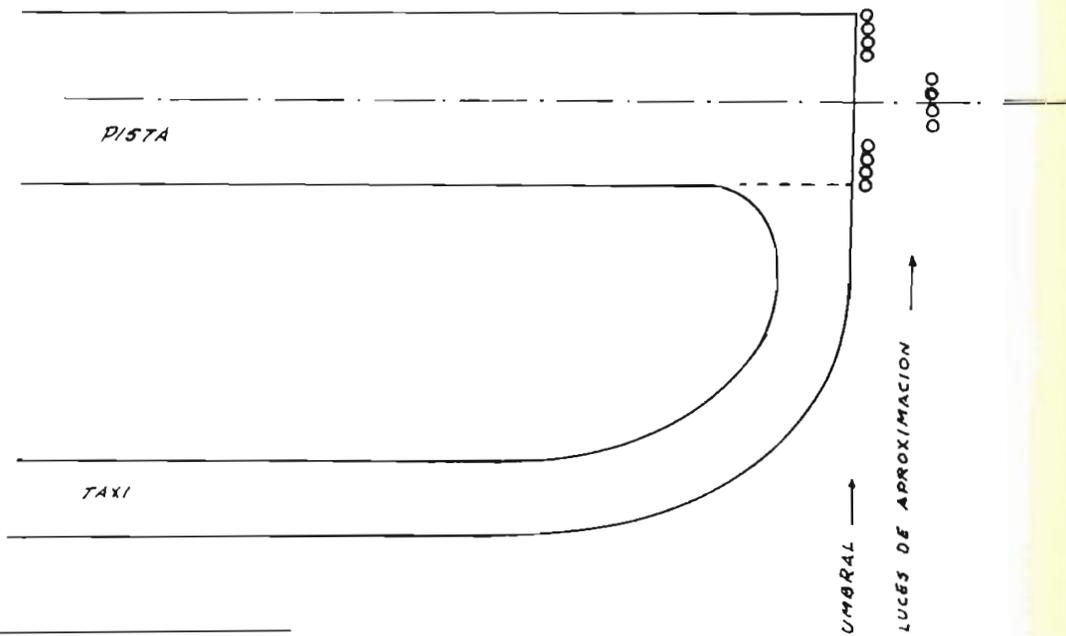


Fig 3-11

## C A P I T U L O    I V

### CALCULO DE LOS CIRCUITOS ELECTRICOS DEL SISTEMA

#### 4-1.- SELECCION DEL EQUIPO DE ILUMINACION

Antes de proceder a la selección del equipo para la iluminación del aeropuerto, es necesario hacer notar que las casas productoras de este equipo siguen las normas de la F.A.A. y construyen los aparatos con valores superiores a los mínimos dados por estas normas.

FARO DE AEROPUERTO.- Se usará un faro rotativo de alta eficiencia que proyecte un rayo de luz en dos direcciones separadas en 180°. Esto puede conseguirse por medio de dos reflectores colocados de manera opuesta y fijos sobre una base giratoria, pero resulta más barato y práctico un faro provisto de un sólo foco y de doble sistema óptico, es decir con dos lentes y dos pantallas separadas 180° de manera que produzcan la separación de los rayos en las dos direcciones.

Para lograr un buen nivel de iluminación se usa -- lámparas incandescentes de 1.000 vatios, 115 voltios, que emiten aproximadamente 30.000 lúmenes.

El faro de aeropuerto es una ayuda que no debe fallar durante su funcionamiento. Por lo tanto, cuando una lámpara se funda, debe reemplazarla otra inmediatamente por me-

dio de un dispositivo llamado "cambiador de lámpara" que es accionado magnéticamente cuando ha fallado el un foco, poniendo en su lugar otro de reserva. Además, cuando se efectúa esta operación se pondrá en contacto un relé llamado avisador que, por medio de un cable adicional alimentará una pequeña luz avisadora en la torre de control.

La potencia del motor que produce la rotación del faro es de 1/6 H.P. y funciona a 115 voltios y 60 ciclos por segundo.

El sistema óptico consiste en dos lentes que dirigen los rayos en forma de un haz concentrado, uno en cada lado, y de dos pantallas que, a más de dirigir mejor a los rayos, protejen al sistema óptico.

Para lograr el color verde del un lado del faro, uno de los lentes interiores deberá ser de color verde.

Los faros de aeropuerto normalmente son como se los ha descrito y presentan una curva isocandela, como la de la figura 4-1.

Los valores dados en la figura sobrepasan los límites dados por la F.A.A. y por lo tanto, se los puede aceptar.

Debe aclararse que los datos dados sobre la emisión luminosa de los focos incandescentes, son valores iniciales y que este valor disminuye constantemente conforme transcurre la vida de la lámpara debido a la evaporación gr

dual o sublimación del filamento de la lámpara. Como consecuencia, el material vaporizado se adhiere a las paredes internas del bulbo causando una nueva disminución del flujo luminoso. Esto puede resumirse en el diagrama de la figura 4-2 tomado del manual de Alumbrado Westinghouse, que da un valor promedio de la disminución de emisión lumínica de las lámparas incandescentes.

LUCES DE OBSTACULO.- Los faros usados para este propósito deben emitir por lo menos 1.020 lúmenes y deben ser de gran duración. Cuando se use el sistema de alimentación en paralelo (normal), se dispondrá focos de 100 vatios y 115 voltios y, cuando se use el sistema serie, focos para 6,6 amperios, acoplados por medio de un transformador de aislamiento.

Cuando se necesita instalar luces dobles, se dispondrá de un relé de transferencia que ponga en funcionamiento la lámpara de reserva cuando la primera se ha fundido. Este relé está conectado en serie con la lámpara que funciona normalmente y, cuando actúa, puede poner en contacto una pequeña luz con un vidrio tallado color rojo (ojo de buey) para indicar que debe cambiarse la primera lámpara. Esto último no es indispensable y la luz de aviso puede no ponerse. La lámpara estará prevista de un sistema óptico que consiste de un lente que proporcione una distribución de la luz a 360°;

para esto la lámpara viene cubierta de una pantalla de plástico color rojo, estriada en su totalidad.

LUCES DE UMBRAL.- Para estas luces, así como para las de la pista de aterrizaje (del tipo elevado), se usarán focos para funcionar a 6,6 amperios. Los focos usados en este aerópuerto serán de intensidad media y más bien, un poco alta.

Por lo tanto se usarán focos de 100 vatios, 6,6 amperios y que emitan unos 1.800 lúmenes.

Los transformadores serie de aislación serán de 100 vatios y de alto rendimiento y factor de potencia.

Las luces de umbral así como las de pista, deben estar provistas de pantallas que proporcionen una distribución de luz a 360° en horizontal y una pequeña parte del haz sea enviado hacia arriba con el objeto de alumbrar la pista aprovechando de la mayor parte de la luz emitida.

El rayo vertical sirve para el piloto para que pueda distinguir las luminarias cuando está volando sobre la pista. Esta distribución de luz se obtiene por medio de una pantalla de plástico transparente color verde para las luces de umbral y blanco para las de la pista.

LUCES DE LAS CALLES DE ACCESO.- Son similares a las anteriores pero su intensidad puede ser menor. Para este objeto se puede usar focos que emitan alrededor de 700 lúme-

nes. En caso de tener sistema serie o paralelo con voltaje superior a 120 voltios, se necesitará de transformadores de aislamiento de alto rendimiento y factor de potencia.

Debe tenerse en cuenta que un foco que funciona a tensión constante, tiene menor emisión lumínica que uno que funciona en serie. Por ejemplo, focos de 45 w., 6,6 amp., -- rinden 740 lúmenes y focos de 40 w., 115 v., rinden sólo 400 lúmenes.

CONO INDICADOR DE LA DIRECCION DEL VIENTO.- Está provisto de cuatro reflectores con un foco de 200 vatios, -- 115 voltios cada uno. Cuando este aparato va a montarse sobre el techo de un edificio o en una terraza, será necesario poner una luz de obstáculo en su parte más alta.

INDICADOR DE LA ALTURA DE LAS NUBES.- El proyector está provisto de un foco de 420 vatios, 12 voltios para lo cual necesita un transformador reductor alimentado por 115 voltios y está provisto de "taps", para voltajes de alimentación desde 95 hasta 120 voltios.

Se usan estos focos porque su bajo voltaje de funcionamiento les permite tener un filamento pequeño y robusto, dando un rayo más concentrado.

#### 4-2.- CALCULO DE LOS CIRCUITOS

Faro de identificación.- La potencia de la lámpara es de 1.000 w.; el motor es de 1/6 HP.

Total: 1.125 w.

$$\text{Voltaje} = 115 \text{ voltios}$$

$$\text{Cos fi} = 1$$

$$I = 1.125/115 = 10,8 \text{ amp.}$$

Para una densidad de 2 amp/mm<sup>2</sup>,

$$\text{Sección} = 10,8/2 = 5,4 \text{ mm}^2 \text{ lo que corresponde}$$

a N° 10 AWG, con 3,425 ohm/Km.

Para una longitud de 50 m., la caída de tensión será:

$$\Delta V = 2.I.R.l = 2 \times 5,4 \times 3,425 \times 0,05 = 1,85$$

voltios que, expresados en porcentaje, representan:

$$\frac{1,85 \times 100}{115} = 1,61 \%, \text{ valor aceptable de caída de tensión.}$$

Cono indicador de la dirección del viento.- Tiene una potencia total de 200 x 4 = 800 vatios.

$$\text{Voltaje} = 115 \text{ voltios}$$

$$I = 800/115 \cong 7 \text{ amp.}$$

Si se pone conductor N° 10 AWG, para una longitud de 100 metros, la caída de tensión será:

$$\Delta V = 2 \times 7 \times 3,425 \times 0,01 = 4,76 \text{ v. o sea } 4,14\%$$

que en este caso se puede aceptar.

Indicador de altura de las nubes.-

Potencia = 420 w.

Voltaje = 115 v.

$\Delta V = 4\% = 4,6$  v. Se acepta esta caída de tensión por cuanto el faro proyector tiene un transformador de acoplamiento con la línea, provisto de "taps" para compensar estas desviaciones del voltaje nominal.

$$I = 420/115 = 3,65 \text{ amp.}$$

$$l = 400 \text{ m.}$$

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot I \cdot l}{\Delta V}$$

en la que:

$\rho$  = coeficiente de resistividad

I = Intensidad, en amperios

l = longitud simple, en metros

$\Delta V$  = caída de tensión, en voltios

$$S = \frac{2 \times 3,65 \times 400}{56 \times 4,6} = 11,25 \text{ mm}^2 \text{ que corresponden a un N}^\circ 6 \text{ AWG con}$$

$$13,3 \text{ mm}^2$$

$$\Delta V = 4 \times 11,25/13,3 = 3,38\% , \text{ aceptable.}$$

Luces de umbral y de pista.- Estas luces van alimentadas por un mismo circuito serie. Cada lámpara es alimentada por medio de un transformador de aislación de alto ren-

dimiento y factor de potencia. Por lo tanto, se puede considerar que en cada punto se tiene una potencia de 100 vatios y  $\cos \phi$  igual a uno, sin afectar notablemente el cálculo.

luces de pista	100 x 100 w =	10.000 vatios
luces de umbral	16 x 100 w =	1.600 "
letreros luminosos	2 x 150 w =	<u>300 "</u>
Total		11.900 vatios

Corriente del circuito serie = 6,6 amp.

Voltaje absorbido por las lámparas:

$$V = 11.900/6,6 = 1.800 \text{ voltios}$$

La sección que normalmente se usa en circuitos serie de 6,6 amp. es el N° 10 AWG con una resistencia de 3,425 ohm/Km, que presenta una caída de tensión a lo largo de toda la línea en una extensión de 6,6 Km., de:

$\Delta V = 6,6 \times 3,425 \times 6,6 = 149$  voltios los cuales, sumados a los 1.800 necesarios para alimentar a todas las lámparas, dan un total de 1.950 voltios.

Es decir, la potencia total absorbida por el circuito es:

$$P = 1.950 \times 6,6 = 12.900 \text{ w.}$$

Por lo tanto, el transformador alimentador será capaz de suministrar esta potencia y el transformador autorregulador de corriente constante también será capaz de soportar esta potencia.

Luces de aproximación.- Los dos circuitos serán iguales y controlados independientemente.

Potencia de las lámparas = 100 w

Voltaje = 24 voltios

La alimentación se hará con 600 voltios y se dispondrá de un transformador de bajada en el punto de utilización.

Son doce lámparas, luego :

$$I = 12 \times 100/600 = 2 \text{ amp.}$$

$$l = 1.100 \text{ m.}$$

$$R = 3,277 \text{ ohm/Km.}$$

Si se usa conductor N° 6 AWG

$$\Delta V = 2 \times 2 \times 3,277 \times 1,1 = 14,5 \text{ v} = 2,4 \% \text{ aceptable;}$$

Para las luces norte,

$$l = 2,3 \text{ Km por lo tanto,}$$

$$\Delta V = 2,4 \times 2,3/1,1 = 5 \% \text{ también aceptable ya -}$$

que los transformadores de bajada tienen "taps" para compensar estas pérdidas.

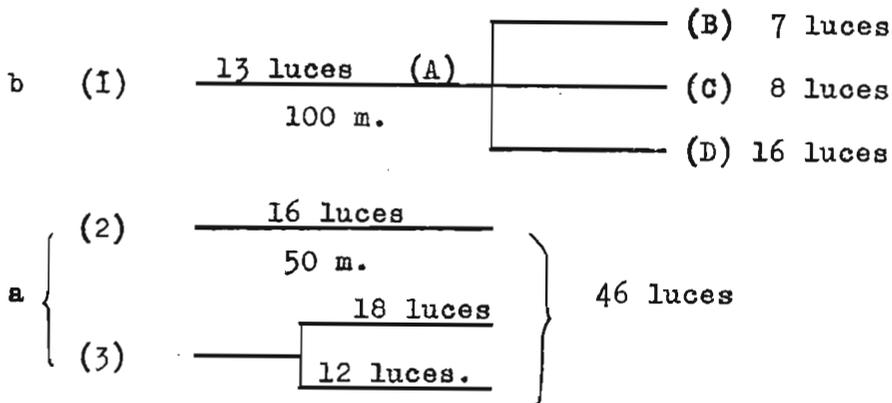
Luces de las calles de acceso.- Las luces de las calles de acceso se han dividido en varios circuitos con el objeto de disminuir las longitudes de los mismos obteniendo una menor caída de tensión, en primer lugar y, es segundo, para tener una selección de las calles ya que no siempre es

necesario que todas estén iluminadas al mismo tiempo sino sólamente las que se requiera.

Esta disposición se puede encontrar en el plano --  
L-3

El circuito N° 2 para la parte central se alimentará siempre que se efectúe una operación con la pista iluminada, y está formado por las luces indicadas en la figura 4-3.

Se tendría, entonces, tres circuitos en paralelo:



La alimentación de las luces se hará con 600 vol -  
tios y con transformadores de acoplamiento en cada punto.

Potencia de cada lámpara = 45 w.

Para el ramal A se tiene 10 luces de 45 w. más 5 -  
de 30 w., que equivalen aproximadamente a 3 de 45 w.; en su  
extremo, la carga de los ramales B, C y D que significan 31  
luces de 45 w.

Suponiendo que las cargas están uniformemente re -  
partidas, la caída de tensión se calcula por medio de la fór  
mula:

$$S = \frac{2 \cdot \rho \cdot p}{\Delta V \cdot V} (N \cdot l/2 + \sum l \cdot n)$$

en la que,

p = potencia de cada lámpara, en vatios

$\Delta V$  = caída de tensión admisible, en voltios

$\rho$  = coeficiente de resistividad

v = voltaje de la línea, en voltios

N = número de luces uniformemente repartidas

l = longitud del circuito, en metros

n = número de luces concentradas al extremo del  
circuito.

Así, para el circuito b(1):

$$S = \frac{1 \times 45 \times 2}{56 \times 6 \times 600} (13 \times \frac{100}{2} + 100 \times 31)$$

$$S = 1,68 \text{ mm}^2 \text{ que corresponde a un N}^\circ 14 \text{ AWG.}$$

Para los circuitos restantes, también se supondrá que las cargas están uniformemente repartidas.

Para el circuito a(2):

$$S = \frac{1 \times 45 \times 16 \times 50}{56 \times 6 \times 600}$$

$$S = 0,2 \text{ mm}^2 \text{ que corresponde a un N}^\circ 14 \text{ AWG.}, \text{ como mínimo.}$$

Como no se puede poner una sección menor, la sección de los conductores para los otros circuitos a(3) será también N° 14 AWG. por comparación, obteniendo una caída de tensión menor al 1 % en la última luz.

Lo mismo, para los ramales del circuito a y para su alimentación se tomará en cuenta los dos circuitos con una potencia de:

$$16 + 12 + 12 + 6 = 46 \text{ luces o sea, } 46 \times 45 = 2070 \text{ vatios}$$

$$S = \frac{2 \times 2070 \times 100}{56 \times 6 \times 600} = 2,05 \text{ que corresponde a un N}^\circ 14 \text{ AWG.}$$

La calle de acceso A está servida por dos circuitos los cuales serán controlados independientemente con el objeto de aprovechar la intersección i2 para llevar los aviones a las lozas de estacionamiento sin necesidad de que vayan -- hasta la terminación de la pista, cuando sea posible.

$$N = 10; n = 3; l = 466 \text{ m.}$$

$$S = \frac{2 \times 1 \times 45}{56 \times 600 \times 6} (10 \times \frac{466}{2} + 3 \times 466)$$

$S = 1,15 \text{ mm}^2$  que corresponde a una sección mínima N° 14 AWG. Como el otro ramal es bastante parecido, su -- sección será también N° 14 AWG.

El cable de alimentación tendrá una sección:

$$P = 1.065 \text{ vatios; } l = 300 \text{ m.}$$

$$S = \frac{2 \times 1.065 \times 300}{56 \times 6 \times 600} = 3,06 \text{ mm}^2 \text{ que corresponde a una sección N}^\circ 12 \text{ AWG.}$$

Para el circuito 8 y para cada ramal,

$$N = 34; l = 1.350 \text{ m.}$$

$$S = \frac{45 \times 34 \times 1.350}{56 \times 600 \times 6} = 10,25 \text{ mm}^2 \text{ que corresponde a un N}^\circ 7 \text{ AWG.}$$

El circuito de la calle B, número 5, está formado por dos ramales con 28 luces cada uno y supondré que están separadas uniformemente todo el tramo para efectos de cálculo.

$$N = 28$$

$$L = 1.100 \text{ m.}$$

$$S = \frac{45 \times 28 \times 1.100}{56 \times 6 \times 600} = 6,875 \text{ mm}^2 \text{ que corresponde a una sección N}^\circ 11 \text{ AWG.}$$

Los circuitos 9 comprenden las luces de la calle - que va a la plataforma de TAME mas no a la iluminación de la plataforma.

Se tiene unas 10 luces por ramal en 150 metros de longitud.

$$S = \frac{45 \times 10 \times 150}{56 \times 6 \times 600} = 0,336 \text{ mm}^2 \text{ que corresponde a una sección mínima N}^\circ 14 \text{ AWG.}$$

La alimentación se hará con un cable de sección:

$$S = \frac{2 \times 45 \times 700 \times 20}{56 \times 6 \times 600} = 5 \text{ mm}^2 \text{ que corresponde a una sección N}^\circ 10 \text{ AWG}$$

Lo mismo se aplicará para la plataforma de la FAE.

Los circuitos 10 y 11, similar al 9 se alimentan con cable N° 10 AWG. y los ramales con N° 14 AWG.

Como puede apreciarse, para la iluminación de las calles de acceso, en general, se encuentra una notable variedad de conductores que van desde el N° 14 AWG., hasta el N° 7 AWG. Si bien, de esta manera se obtiene una buena selección de las calles según el uso que se las quiera dar, al mismo tiempo se tiene un gran aumento en el costo de la instalación ya sea porque se necesita tender dos cables a cada lado de las calles con los transformadores de bajada en cada punto y también porque se necesita mayor variedad de conductores de reserva.

Habiendo varias calles que iluminar, se presenta la posibilidad de formar varios circuitos y de alimentarlos en serie o en paralelo según la longitud y potencia de los mismos.

Sea por ejemplo, la disposición del plano de luces L-4 que presenta 5 circuitos para las calles de acceso.

El circuito 5 corresponde a la calle de acceso militar, incluye el letrero MIL colocado en el PT-7. Será idéntico al calculado anteriormente (añadiendo sólo el letrero indicado) inclusive los cables de alimentación. Este circuito funcionará independientemente y sólo cuando se necesite de su servicio, lo mismo que el circuito 4.

Los circuitos 1, 2 y 3 que sirven a las calles de acceso TA, TB y TC, funcionan de acuerdo a la siguiente disposición:

a) Sólo TA en caso de que aterrice un avión por el lado Norte y se dirija a la plataforma de TAME o a la Militar;

b) Al mismo tiempo TA y TC si va a la plataforma general;

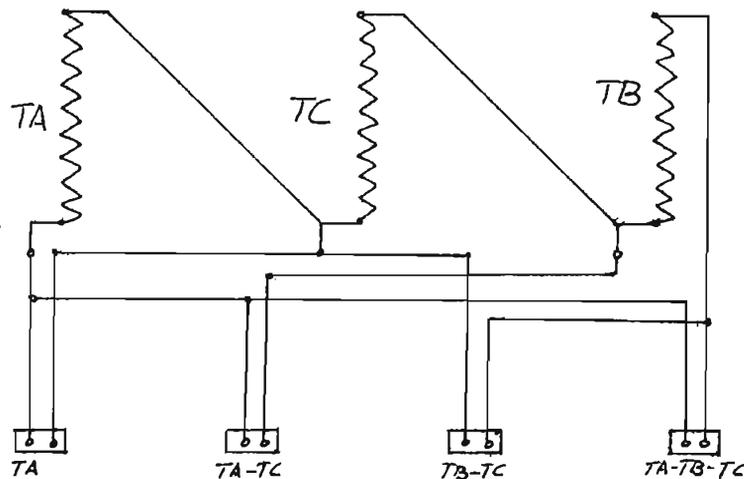
c) Al mismo tiempo TB y TC si aterriza por el lado Sur y se dirige a la plataforma general; y,

d) Todas al mismo tiempo si aterriza por el lado Sur y va a la plataforma de TAME o Militar o bien, cuando sea necesario tener todas las luces funcionando.

Para lograr ésto, existen los aparatos denominados "Selectores de pista" los cuales se instalan a continuación del regulador de corriente constante y están diseñados para seleccionar una sola pista o calle de acceso o, como en este caso, el circuito que se escoge. Tiene las conexiones internas diseñadas de tal manera que en ningún caso pueden funcionar dos circuitos al mismo tiempo ya que el regulador mencionado funciona con un solo circuito en serie.

Entonces, si se debe seleccionar circuitos de uno en uno, se hará el siguiente diseño para obtener la selección indicada antes en a), b), c) y d), por medio de un se -

lector de cuatro circuitos:



Como el regulador de corriente constante funciona bajo cualquier variación de carga, no hay dificultad de que trabaje con TA sólomente o con todos los circuitos conectados en serie. Además TA representa un 47 % de la carga total, lo que soporta el regulador.

Se tiene un total de 276 luces de 45 vatios, 6,6 amp. y además 8 letreros luminosos que pueden ser reemplazados para su cálculo con 24 luces de 45 w. cada una.

Suman,  $276 + 24 = 300$  luces de 45 vatios.

Corriente del circuito serie = 6,6 amp.

Voltaje requerido =  $\frac{300 \times 45}{6,6} = 2.045$  voltios.

Además, si se usa conductor N° 10 AWG., se presenta una caída de tensión:

$$\Delta V = I.R.L$$

$$R = 3,425 \text{ /Km}$$

$$l = 7,7 \text{ Kw.}$$

$$\Delta V = 6,6 \times 3,425 \times 7,7 = 226 \text{ voltios.}$$

Los cuales sumados a los 2.045 necesarios para iluminar a todas las lámparas, dan un total de 2.271 voltios.

Es decir, la potencia total absorbida por todo el circuito es:  $P = 2.271 \times 6,6 = 14.988 \text{ vatios} = 15 \text{ KW.}$

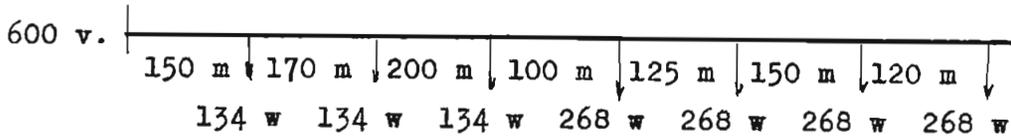
Por lo tanto, se dispondrá de un regulador de corriente constante de 20 KW. tipo standard el cual será capaz de alimentar a los tres circuitos bajo cualquiera de las disposiciones ya anotadas.

Luces de Obstáculo.- Existen varios circuitos de luces de obstáculo pero los que dependen de la alimentación en el aeropuerto son sólo los indicados en el plano L-2, o sea las denominadas "luces de Obstáculo Norte y Sur".

Como se ha visto, una tensión de 115 voltios resulta demasiado baja para circuitos de iluminación un tanto largos porque presenta caídas de tensión inadmisibles. Por esta razón se utilizará 600 voltios, sistema en paralelo.

El circuito del lado norte se puede resumir de la siguiente manera, suponiendo cargas concentradas con focos -

de 67 vatios cada una:



Aplicando el método de los momentos eléctricos --

(KVAm.) se tiene:

$$KVAm = 0,134(150+320+520) + 0,268(620+745+895+1015)$$

$$KVAm = 0,134 \times 990 + 0,268 \times 3.275$$

$$KVAm = 1.010 \quad \text{y se debería usar un conductor --}$$

que soporte este momento eléctrico, lo cual se consigue por medio de la fórmula:

$$KVAm = \frac{\Delta V \cdot KV \cdot 10^3}{2 \cdot Z}$$

En la que:

$\Delta V$  = Caída de tensión admisible = 12 voltios,

KV = Voltaje de operación en Kilovatios = 0,6 KV.

Z = Impedancia de los conductores en ohm/Km.

Para conductor N° 10 AWG, R = 3,27 ohm/Km, valor - que se puede tomar como la impedancia debido al pequeño va - lor de reactancia que se presenta. Por lo tanto:

$$KVAm(N°10) = \frac{12 \times 0,6 \times 10^3}{2 \times 3,27} = 1.100$$

Esto nos dice que este conductor puede suministrar energía a todos los puntos indicados, produciendo una caída de tensión menor al 2 % pero, teniendo en cuenta que en cual

quier momento puede necesitarse ampliar este servicio, se usará cable N° 8 AWG del tipo Duplex, el cual se llevará sobre postes a los respectivos puntos.

En cuanto a las luces del lado Sur, que sólo representan un punto con 4 luces de 67 vatios cada una, se usará el mismo voltaje y cable N° 10 AWG. En cada punto, tanto en las luces del lado Norte como en las del lado Sur, se dispondrá de transformadores de acoplamiento a 115 voltios.

En lo referente a las luces que quedan fuera del área de aterrizaje, se tiene lo siguiente:

La alimentación de los puntos II y III (plano L-1) se hará desde las centrales a las que corresponden las torres ya que ellas disponen de fuentes de energía eléctrica. En cuanto a las torres del Batán Grande, resultaría demasiado caro poner un transformador de bajada de 44.000 a 115 voltios para una pequeña potencia como es la necesaria para alimentar unos 8 ó 10 focos de 100 vatios cada uno o sea, un máximo de 1 Kw., ya sea por el alto nivel del aislamiento que se requiere y por la gran relación de transformación y por que un transformador de estas características no se encuentra fácilmente en el mercado y si se desea tenerlo, es necesario construirlo especialmente para este efecto. Por esta razón, para alimentar los focos de estas torres, se llevará una línea de 115 voltios desde la subestación de bajada que existe

tras la ciudadela Vellavista en donde se dispone de este voltaje y de la potencia necesaria.

La sección necesaria del conductor si se usa 115 - voltios., será:

$$S = \frac{\rho \cdot P \cdot N \cdot L}{\Delta V \cdot V}$$

En donde:

$$P = 100 \text{ w.}$$

$$N = 10$$

$$L = 1.000 \text{ m.}$$

$$V = 115 \text{ v.}$$

$$\Delta V = 2 \% = 2,3 \text{ v.}$$

$$S = \frac{1.000 \times 1.000}{115 \times 2,3 \times 56} = 625 \text{ mm}^2 \text{ que es demasiado gruesa; si se usa, por me}$$

dis de un transformador elevador, 600 voltios:

$$\Delta V = 12 \text{ v.}$$

$$S = \frac{10^6}{600 \times 12 \times 56} = \frac{1.000}{403} = 2,48 \text{ mm}^2 \text{ N}^\circ 13 \text{ AWG.}$$

Pero, como para líneas aéreas no se admite una sección menor de  $8 \text{ mm}^2$ , se usará conductor N° 8 AWG, con  $8,366 \text{ mm}^2$ .

Cálculo de la flecha:

$$f = \frac{g \cdot a^2}{8t} \text{ m}$$

Para N° 8 AWG:

$$t = 826 \text{ libras} = 375 \text{ Kg.}$$

$$g = 264 \text{ libras/milla} = 0,0744 \text{ Kg/m.}$$

$$t = \frac{375}{4} = 93,7 \text{ Kg (admisible).}$$

$$f = \frac{0,0744}{8 \times 93,7} \times a^2 = 0,995 \times 10^{-4} a^2$$

Luego, para los diferentes vanos :

TABLA ( IV - 1 )

a (m)	50	60	70	80	90	100	120	130
f (m)	0,249	0,358	0,487	0,638	0,805	0,995	1,435	1,68

Como es posible que por una u otra razón falle la alimentación a estas torres es decir, la alimentación a la ciudad, el aeropuerto quedará sin señales de obstáculo en sus alrededores con el peligro consiguiente, es necesario considerar la instalación de grupos electrógenos que alimenten las luces en caso de emergencia.

En el caso de los faros orientales no existe problema respecto a este punto ya que al ser controlados desde estaciones transmisoras de señales de radio, estas últimas disponen de equipos de emergencia para su alimentación.

La alimentación de los puntos I, I' y II, se hará de la manera indicada en la figura 4-5 en la que:

La célula C1, acciona los contactos correspondientes que tienen como función dar alimentación al circuito I' y al transformador T1 el cual proporciona tensión de 600 vol

tios a la línea que va al punto I en donde se acoplará la luz por medio del transformador T2 de bajada a 115 v. que es el voltaje normal de operación de esa lámpara y, al mismo tiempo, alimenta a las luces del punto I'. Para el accionamiento de las luces en el punto II, C2 cierra los contactos que alimentan las luces en ese punto. Se dispone, además de interruptores manuales (S) para accionarlos en caso de necesidad tanto en el punto I' como en el II y de un conmutador manual para alimentar a los puntos con el grupo electrógeno de emergencia.

La línea que alimenta la torre I tendrá las siguientes características:

$$l = 1.500 \text{ m.}$$

$$V = 600 \text{ v.}$$

$$P = 1.000 \text{ w.}$$

$$\Delta V = 2\% = 12 \text{ v.}$$

$$I = \frac{1.000}{600} = 1,67 \text{ amp.}$$

$$S = \frac{2 l \times I}{\Delta V} = \frac{2 \times 1.500 \times 1,67}{12 \times 56} = 6,3 \text{ mm}^2$$

Pero la sección mínima de cobre para líneas aéreas es N° 8 AWG. Por lo tanto se puede adoptar la tabla IV - 1

a(m)	50	60	70	80	90	100	120	130
f(m)	,25	,385	,48	,63	,80	,99	1,435	1,68

De esta manera quedan alimentados los puntos I, II

y I' en todo momento en que la visibilidad es mala.

En la zona oriental existe una torre en el punto V la cual ya está señalada por medio de dos luces rojas, una - en la punta y ótra en su media altura. Sólo quedaría por do- darle de un relé accionado por una célula fotoeléctrica de - características similares a las usadas en el punto I'.

Para el control del punto III sería muy costoso -- pensar en una alimentación desde el punto II debido a la -- gran distancia que existe entre ellos y que es aproximadamen- te 3 Km. ya que se necesitaría tender una línea directa o se- guir los postes de la red de distribución por la carretera - hasta llegar al punto mencionado. Sería más económico y se - tendría un buen funcionamiento del faro III, si se pone allí un control fotoeléctrico destinado a proveer una operación - automática en el crepúsculo y en el alba.

Los controles fotoeléctricos usados para servicio de aviación están regulados para actuar con gran sensibilidad; el encendido ocurre a una intensidad de luz de aproximadamente el 60% del valor de apagado. Estos valores pueden ser aumentados o disminuídos por medio de un tornillo pero la diferencia entre los valores de encendido y apagado permanece constante. Siendo así se lo puede regular de tal manera que actúe cuando exista niebla baja o cuando esté lloviendo, aún en día.

El circuito interno del control deberá estar arreglado de tal manera que cuando falle cualquiera de sus elementos deje el interruptor en posición "conectado" (ON). De esta manera se tendría funcionando este faro en todo momento en que la visibilidad sea mala y si no se va a utilizar el sistema en las noches, se puede adaptar un reloj horario. De todas maneras, este asunto queda a criterio de la Dirección de Aviación Civil.

Lo mismo se dispondrá para las luces de obstáculo de las torres IV ya que se encuentran a considerable distancia del aeropuerto.

En caso de falla del control de la alimentación a estos puntos, visibles desde la torre de control, se llamará por teléfono al punto de control específico para que el operador ponga en funcionamiento el grupo de emergencia.

Los faros de la elevación occidental se alimentarán de la siguiente manera:

La torre A de HCJB tomará energía de la fuente propia de esta estación y para su funcionamiento estará provista de un control fotoeléctrico similar a los colocados en -- los puntos III y IV.

La torre del punto E (Atucuchu) será alimentada -- por una línea directa desde el punto VI<sup>(±)</sup> en el cual existe una línea de 6.300 voltios de servicio público. Allí se instalará un transformador para obtener 600 vatios y se tenderá la línea hasta E, donde se acoplará la luz por medio de un transformador reductor de 600 a 115 v., similar al usado en el punto I.

Sus características serán:

P = 1.000 vatios

l = 1.250 metros

V = 600 voltios

Por lo tanto, es similar a la línea que alimenta -- el punto I y sus características también serán similares es decir, conductor N° 8 AWG., y la tabla de flechas, la misma ( Tabla IV - 1 ).

En general, se debería disponer que todas las to -- rres de radio o televisión instaladas o por instalarse, tengan luces de obstrucción, siempre que se encuentren dentro --

(±) Urbanización Quito Norte

del área urbana y sobre una altura de 160 metros o más sobre el nivel de la pista (2.800 m.S.N.M.) o dentro de una área de 3 millas a la redonda, desde el punto central imaginario del aeropuerto, según normas de la F.A.A. Esta disposición debería emitir la Dirección de Aviación Civil

Iluminación de la plataforma general.- Lo ideal sería iluminar toda la plataforma con un nivel uniforme de iluminación, lo que no es posible debido a que no se puede poner postes con luces distribuidas en toda el área. Se tratará, entonces, de iluminar uniformemente por lo menos una franja de unos 20 metros de ancho cuyo eje corra paralelamente al borde occidental de la plataforma, separada unos 30 metros del edificio terminal.

La iluminación se hará por medio de faros localizados en los extremos del terminal, como se indicó en el capítulo tercero, montados sobre torres con brazos inclinados de manera que se internen un poco en el área de la plataforma.

Por lo tanto, se tendrá los reflectores localizados a 10 metros de altura, que alumbren a una superficie horizontal de 30 metros.

Si se usa reflectores EFAPAR-72 de 1.500 vatios con lámpara incandescente, marca LUX O LUX o similar con 13.150 lúmenes del haz y una intensidad máxima de 126.000 cd. la intensidad lumínica será:

$$E = \frac{I \operatorname{sen} a}{d^2}$$

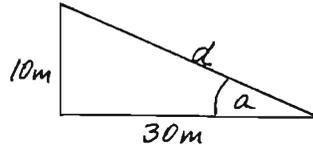
En la que,

$$E = \text{luxes}$$

$$I = 126.000 \text{ cd.}$$

$$d = 31,6 \text{ metros de donde:}$$

$$E = \frac{126.000 \times 0,315}{1.000} = 39,7 \text{ lux. máximo.}$$



Como el rayo principal tiene una apertura de unos  $10^\circ$ , se alumbrará una área de aproximadamente 200 metros cuadrados con esta intensidad.

Si se coloca 8 reflectores en cada banco que enfoquen el eje de la franja indicada, se puede cubrir una longitud de unos 200 metros y además, enfocar un reflector hacia las entradas a la plataforma en sus lados nor y suroriental; en el borde occidental de la plataforma no se necesita luces adicionales por cuanto existen lámparas instaladas en los pilares, las cuales complementan la iluminación en esta zona. Además, en caso de necesitar luz en la parte oriental de la plataforma, se instalará cuatro reflectores bajos, en su borde, logrando este objetivo.

Se tendría, entonces, lo siguiente:

para los bancos de reflectores,

$$I_1 = \frac{12.000}{600} = 20 \text{ amp.}$$

$$I_2 = 40 \text{ amp.}$$

$$\Delta V = 2\% = 12 \text{ voltios}$$

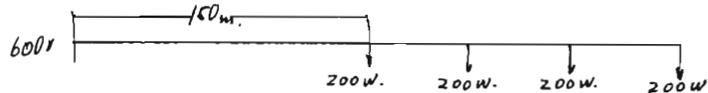
$$V = 600 \text{ voltios}$$

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot I \cdot l}{4V} = \frac{2 \times 40 \times 120}{12 \times 56} = 14,3 \text{ mm}^2$$

que corresponde a N° 6 AWG., con 13,3 mm<sup>2</sup> por lo tanto, la caída de tensión tiene un valor real de:

$$\Delta V = \frac{2 \times 14,3}{13,3} = 2,15 \%, \text{ admisible.}$$

Para las luces occidentales, se tiene



El cable de alimentación tiene una sección de:

$$S = \frac{2 \times 150 \times 800}{56 \times 6 \times 600} = 1,2 \text{ mm}^2 \text{ que corresponden}$$

a una sección N° 16 AWG. pero se pondrá por lo menos, N° 14 AWG, tanto para la alimentación como para los diferentes puntos.

En los puntos respectivos se dispondrá de auto -- transformadores o transformadores de acoplamiento al voltaje normal de operación de las lámparas, que es 120 voltios.

Los circuitos serie y paralelo irán protegidos con tra cortocircuito por medio de interruptores automáticos que estarán colocados en el panel de distribución.

En los circuitos paralelo de luces de pista de ca rretero, de obstrucción y similares, se pondrá fusibles en ca da punto, antes de las lámparas, los cuales provee la casa - productora junto con la lámpara. Los circuitos serie no nece sitan fusible a la salida sino sólomente desconectadores ya que los dispositivos de regulación vienen provistos de relés de protección contra cortocircuitos y para circuito abierto entre sus terminales los cuales actúan sobre los mecanismos de disparo de los interruptores automáticos propios; por o - tro lado, cuando se efectúa cualquier operación en los regu - ladores de brillo, intensidad y selectores de circuito, se - ponen en cortocircuito automáticamente los terminales de sa - lida con el objeto de evitar sobrecargas en el momento de -- transición de una posición a otra.

Yendo hacia la fuente de energía se encuentran los portafusibles desconectadores antes del transformador  $T_1$ , cu yo fusible deberá fundirse en un tiempo superior al tiempo - de disparo de los interruptores automáticos de los circuitos individuales.

Se tiene que la corriente en cada interruptor auto má tico es:

CUADRO ~~IV~~ - 1

Circuito	Potencia vatios	Voltaje voltios	Intensidad amperios F.P. = 1 <sup>(*)</sup>	Interruptor Automático (Tipo <sup>+</sup> )
a - 1	1.000	115	8,66	2 (Faro)
b - 2	13.000	2.400	5,41	7 (Pista)
b' - 2	800	115	7,61	2 (Cono)
c - 3	420	115	3,65	1 (P. Cielo)
d - 5	1.200	600	2,00	4 (aprox. Norte)
e - 4	1.200	600	2,00	4 (aprox. Sur)
f - 4	15.000	2.400	6,25	7 (Taxi A-B-C)
g - 8	900	600	1,50	4 (Taxi 4)
h - 9	900	600	1,50	4 (Taxi 5)
i - 10	12.000	600	20,00	6 (Plataforma)
j - 11	1.000	600	1,66	4 (Plataforma)
k - 12	3.000	600	5,00	5 (Obstrucción Norte y Sur)

TOTAL 50.420 W.

Los Los interruptores automáticos van distribuidos en el panel, y tendrán una capacidad según el siguiente cuadro:

(\*) F.P. = factor de potencia

(+) Tipo de interruptores automáticos:

Tipo:

1	2 Polos	115 voltios	5 amp (nominal)
2	"	" "	10 "
3			
4	"	600 "	3 "
5	"	" "	5 "
6	"	" "	20 "
7	"	2.400 "	10 "
	"	" "	" "

4-3. SELECCION DE LOS DISPOSITIVOS DE REGULACION DE CORRIENTE(O VOLTAJE) PARA LOS CIRCUITOS.

Casi todos los circuitos funcionan a tensión constante y no necesitan un regulador de la tensión pues son cargas fijas y se supone que el voltaje de alimentación no va - ría.

Los circuitos de pista y los de los taxi A, B y C son los únicos que deben ser regulados por su naturaleza misma y por el servicio que prestan. Ya he citado la necesidad de utilizar un regulador de corriente constante para cada -- circuito mencionado y también un regulador de brillantez para variar la intensidad de las luces de pista de acuerdo a - las condiciones de visibilidad y a las necesidades del piloto que efectúa una operación.

Los reguladores de corriente constante son dispositivos que deben satisfacer las siguientes exigencias:

El control regulador se diseñará para alimentar a circuitos serie de 6,6 amp. a partir de una fuente de alimentación de 60 ciclos por segundo; normalmente se usa un voltaje de alimentación de 2.400 v. más o menos 10 %.

El Regulador se diseñará para proveer una opera -- ción confiable a través de su vida normal bajo las especificaciones indicadas más adelante para un suministro automáti-

co y que mantenga, dentro de las tolerancias específicas, cualquier de los valores de la corriente preseleccionado para la carga en condiciones que varían desde cortocircuito -- hasta plena carga y con variaciones del voltaje y frecuencia a la entrada.

Las corrientes de salida se especifican en la tabla IV-2 y se obtienen por medio del regulador de brillantez.

TABLA IV - 2

Pasos del regulador	Corriente de salida
5	6,6
4	5,2
3	4,1
2	3,4
1	2,8

Puesto que el tamaño y peso del regulador debe mantenerse en un mínimo, no se proveerá el mismo con una capacidad extra requerida cuando existe una combinación de bajo -- voltaje de entrada con condiciones anormales de carga, para mantener una regulación perfecta;

El regulador será capaz de operar satisfactoriamente entre temperaturas de - 55° c. y + 55° c.;

El regulador seleccionará y mantendrá automática -

mente la corriente de salida deseada (Tabla IV - 2) sin ninguna atención del operador, excepto para mover el control de la posición "control remoto" a "control local" o viceversa;

El circuito de entrada estará completamente aislado del de salida;

Todos sus componentes serán de uso continuo, sin necesidad de ajuste o cambio periódico. Deberán tener un valor normal de vida no menor de 10.000 horas;

El principio básico de operación será sencillo y libre de principios complicados que demanden la necesidad de personal especializado.

En condición normal de operación, la corriente de salida en el paso 5 estará dentro del más o menos 2% y la de los pasos 4 a 1, dentro del más o menos 2,5% de los valores de la tabla IV - 2. Esta condición incluye voltajes de entrada dentro del más o menos 10 %, lámparas conectadas a través de transformadores desde cortocircuito hasta plena carga, cargas que incluyan transformadores con secundarios en circuito abierto, frecuencias de alimentación desde 57 a 63 ciclos por segundo y temperaturas bajas hasta - 54° c.

Hay dos clases de reguladores de corriente constante que se basan en principios diferentes pero prestan el mismo servicio que es el de proporcionar siempre la misma corriente a pesar de las variaciones de la carga y son:

- a) Transformador Regulador de Corriente Constante y
- b) Regulador de Corriente Constante tipo Puente.

El Transformador Regulador de Corriente Constante es un aparato que mantiene automáticamente un valor de intensidad en su secundario cuando está alimentado por una fuente de tensión constante, a pesar de las variaciones de la impedancia de la carga del circuito secundario.

El principio de funcionamiento de la regulación hace uso de la fuerza de repulsión entre los arrollamientos secundario y primario, que son desplazables el uno con respecto al ótro, y por los cuales circulan corrientes en direcciones opuestas.

Si la impedancia de la carga disminuye, como es el caso, cuando se suprime una o más lámparas, la corriente secundaria aumenta momentáneamente; este aumento de corriente produce un aumento de repulsión entre los arrollamientos los cuales se separarán hasta que la reactancia de dispersión -- del transformador compense la menor impedancia de la carga, alcanzándose la posición de equilibrio cuando la corriente secundaria vuelve a su valor normal. Por lo tanto, la relación de transformación de la corriente se mantiene constante, prácticamente con todas las potencias. De esta manera, el aparato puede ser considerado como un transformador destinado a mantener la impedancia efectiva del primario constante, in

dependiente de la carga del secundario.

La construcción de los tipos comunes de transformadores de corriente constante es fundamentalmente, la misma - que para los de potencia excepto que el primero es, por naturaleza, un aparato de alta reactancia en contraste con el segundo, donde la reactancia de dispersión se mantiene baja. - Debido a que la dispersión del flujo es relativamente grande, este tipo de transformador tiene un factor de potencia muy bajo, excepto para la carga máxima. Este es uno de sus inconvenientes ya que, para compensar este efecto, es necesario - instalar un banco de condensadores que regulen el factor de potencia cada vez que varíe la carga.

Generalmente, los transformadores reguladores de corriente constante se construyen de tal manera que el arrollamiento secundario se desplace con respecto al primario. - El secundario está suspendido de una palanca con contrapeso, disponiéndose un amortiguador hidráulico para evitar fluctuaciones rápidas en la posición del arrollamiento móvil. Hay - diversos tipos de construcción de estos aparatos pero basados en el mismo principio; lo que varía es la forma del contrapeso y el tipo de enfriamiento, según el uso que se quiera dar al transformador.

\ El Regulador de Corriente Constante tipo Puente, - llamado Regulador Boucherot (1.890) o también Regulador Está

tico, desempeña el mismo papel que el anterior pero su funcionamiento es completamente diferente:

En la figura 4-c-1a

$$I = I_1 - I_2$$

$$E_o = I_1 Z_1 + I_2 Z_2$$

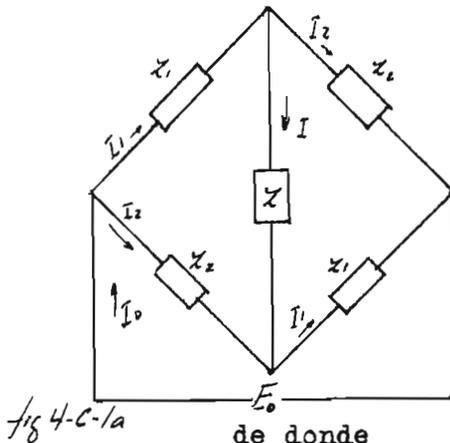


fig 4-c-1a

de donde

$$I = \frac{E_o - I_2(Z_1 + Z_2)}{Z_1} \tag{1}$$

Si:  $Z_1 = -Z_2$

$$I = \frac{E_o}{Z_1} \tag{2}$$

Esto indica que la corriente de salida  $I$ , es independiente de la carga, cualquiera que esta sea y sólo depende del valor del voltaje de alimentación  $E_o$  ya que  $Z_1$  es un valor fijo.

La condición  $Z_1 = -Z_2$  se obtiene cuando  $Z_1$  es una inductancia y  $Z_2$  es una capacitancia. Por lo tanto, en la práctica, el puente está constituido como en la figura 4-c-1b

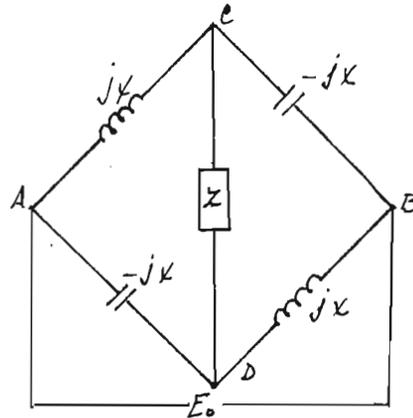


fig 4-c-1b

por dos inductancias y dos condensadores conectados alternativamente, uno a continuación de otro.

El regulador Puente de Corriente Constante, revela dos importantes características que son:

- a) La corriente de salida no depende de las características ni naturaleza de la impedancia de -- carga.
- b) Con carga resistiva, la corriente de entrada es tá en fase con la corriente de alimentación.

Como se puede apreciar, cualquiera de los dos tipos de reguladores de corriente constante considerados es útil para alimentar el circuito serie de las luces de pista o de las de taxi ya que mantienen la corriente del circuito se cundario en un valor previsto aún cuando varíe la carga conectada a él. Sin embargo, el regulador tipo Puente presenta dos ventajas con respecto al regulador tipo transformador:

- 1) No presenta elementos móviles, siendo muy remota la posibilidad de daño y bajo su mantenimiento y,
- 2) Su factor de potencia es elevado, no siendo nece saria la instalación de condensadores para corregirlo.

Como se demostró anteriormente, la corriente de sa lida del regulador de corriente constante tipo Puente, depen de exclusivamente del voltaje de alimentación ya que los demás elementos son fijos. Por lo tanto, cuando varía este vol

taje, varía la corriente de salida. Es por esta razón que dichos reguladores vienen ya provistos de "taps" en el secundario del transformador de entrada, los cuales ajustan el voltaje que llega al circuito puente para obtener las corrientes en el circuito serie, como las especificadas en la tabla IV - 2. Así, no es necesario instalar un regulador especial de brillantez luego del regulador de corriente constante, como habría necesidad en caso de usar un regulador de otro tipo. Por lo tanto, será de esta clase el regulador que se utilice para el efecto tanto para las luces de la pista de aterrizaje como para aquellas de las pistas de Carreteo o Taxi A, B y C.

4-4. TABLERO DE CONTROL.-

Las luces de los diferentes circuitos serán controladas desde la torre de control y es de desear que sea un solo operador el que las controle con el objeto de tener centralizada la operación de las ayudas que dispone el aeropuerto. Por esta razón se acostumbra poner en la torre de control un tablero con todos los interruptores para accionar los circuitos.

En este tablero se presenta el diagrama lumínico del aeropuerto por medio de placas de plástico translúcido bajo las cuales se encuentran bombillos que son gobernados por los botones de opresión que controlan los circuitos.

Las luces del diagrama lumínico del tablero de control funcionan a 24 voltios a través de un transformador reductor de 230/24 voltios provisto de dos "taps" en baja tensión para variar la intensidad lumínica de las luces de acuerdo a las condiciones de luminosidad prevalecientes en la torre de control. Este grado de brillantez es controlado mediante un interruptor rotativo selector, en el mismo panel, el cual está provisto de una posición adicional "lamp testing", con lo que facilita voltaje a todos los bombillos que existen en el tablero para así identificar a los que se encuentran fundidos, inmediatamente. Para el caso de falla de la alimentación del tablero, se dispone de una batería <sup>de</sup>

24 v. con los respectivos "taps" y uno adicional para 6 v. - para el proyector de permiso o prohibición de aterrizaje.

Las luces del tablero van colocadas dentro de cajetines a ras del mismo, que sirven para prevenir que la banda de luz de un circuito alumbre la adyacente, de otro circuito.

El tablero de control está formado de acuerdo al - diseño de la figura 4-d-1, en el que se representa el diagrama lumínico del aeropuerto y se encuentran los suiches de -- mando para todos los circuitos.

Los circuitos de control de brillo como los de la pista de aterrizaje, son accionados por medio de interrupto- res giratorios en los cuales, el tiempo de cambio de una po- sición a ótra se mantiene tan pequeño que los bulbos incan- descentes no se apagan durante la transición de un estado de brillantez a ótro.

Los circuitos sin control de brillo como los faros, luces de obstáculo y similares son operados por botones de - opresión luminosos, colocados en hendiduras, los cuales re - tornan cuando se presiona nuevamente, desconectando los cir- cuitos. El circuito de las luces de Taxi tiene un interrup - tor rotativo selector el cual tiene sus posiciones interblo- queadas para que no se de el caso de tener dos circuitos se- rie conectados al mismo tiempo a un regulador de corriente - constante.

El panel frontal de la caja del diagrama luminoso es abisagrado en la parte superior lo cual permite que los bombillos incandescentes puedan ser cambiados aún durante la operación sin ninguna dificultad.

Los interruptores de opresión del tablero de control accionan relés en la subestación, los cuales cierran o abren los contactos del circuito controlado; este control se efectúa desde la torre, por medio de cables alimentados por 115 voltios, de la alimentación principal (figs 4-d-2 y 4-d-3)

Los relés y los contactos forman un solo conjunto el cual puede ser accionado manualmente por el operador de la subestación y deberá soportar la corriente del circuito para servicio continuo;

Las partes que forman el tablero de control tales como luces, botones interruptores, letreros, diagrama luminoso, relés, selectores, etc., no se especificarán en este trabajo ya que cuando se proceda a su instalación, se pedirá a la casa productora de estos dispositivos, un tablero de control que funcione de acuerdo al diagrama 4-d-2 y 4-d-3 y que disponga de todas las protecciones y necesidades del caso.

4-5. LISTA DE MATEIALES

PARTE I.- EQUIPOS Y APARATOS DE SEÑALIZACION

<u>REGLON</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCION</u>
101	1	Faro rotativo estandard de 2 lentes - de 36" de diámetro, los cuales proyec tan un haz de luz blanca y ótro verde apartados 180° a partir de una sola - lámpara, provisto de un intercambia - dor automático de lámpara, con motor para giro de 6 R.P.M., con conexiones listas para funcionar a 115 voltios; con luz indicadora de lámpara fundida; dos lámparas de 1.000 vatios, 115 vol tios. Similar a Cat. N° 41281 B Crou se Hinds, Tipo DCB 36, según especifi cación F.A.A. 291.
102	1	Cono indicador de la dirección del -- viento, iluminado, tipo estandard de 36" de diámetro, 18 pies de largo, su jeto al tubo vertical con rulinanes - de bola, provisto de 4 brazos con re flectores de 200 vatios cada uno, tipo abisagrado. Similar a Cat. N° 44621 - Crouse Hinds, según especificación --

F.A.A. L-807. Con lámpara, completo y con conexiones listas para funcionar a 115 voltios.

- 103            1            Proyector de techo de nubes, a prueba de agua, con reflector parabólico de 16-7/16" de diámetro. Similar al tipo DCE 16, Cat. N° 43900 Crouse Hinds, - con base ornamental. Completo, con -- transformador de adaptación de 115/12 voltios y lámpara de 420 vatios, 12 - voltios. Con un clinómetro con juego de tablas de altitudes basadas en 1000 pies de distancia, similar a catálogo N° 44173 Crouse Hinds.
- 104            4            Faro de destellos con pantalla roja - omnidireccional, provisto de dos lám- paras incandescentes de 500 vatios, - cada una, similar a Cat. N° 41275 D - Crouse Hinds, Tipo FCB 12 para usarse como indicador de obstrucción, según especificación F.A.A. 446.
- 105            1            Proyector de señales para control de tráfico de aviones en tierra tipo PTS N° 47014, Crouse Hinds o similar, con

transformador 115/6 voltios, completo, con cable de tres pies de largo y enchufe para 115 voltios; cable de 20 pies en el secundario; con conectores; filtros de color rojo, verde y blanco con cambio automático, reflector principal y cubierta frontal de vidrio y dos lámparas de 50 cd., 6-8 voltios, con cable auxiliar para batería según especificación F.A.A.-508 F.

106

12

Reflector con bombillo incandescente de 1.500 vatios, 115 voltios, de haz ancho para usar a la intemperie, para iluminación de la plataforma principal, similar a EFESCA-1500 C & G Garandini (España), completo.

107

4

Proyector bajo, con lámpara de 200 vatios, 115 voltios incandescente, de haz ancho en sentido horizontal y estrecho en sentido vertical, para usar a la intemperie sobre base de tubo de hierro galvanizado para la iluminación de la plataforma, tipo VCD-12, Crouse Hinds o similar.

- 108            24            Lámpara reflectora montada en base --  
graduable, similar a Philips PS 12 pa  
ra funcionar a 24 voltios, de 100 vat.
- 109            61            Lámpara con globo claro asimétrico, -  
provisto de cono amarillo, similar al  
tipo ERL Cat. N° 44376 D para montar  
de acuerdo a estilo A, Crouse Hinds;  
según especificación F.A.A. L-802 pa  
ra luces de contacto.
- 110            16            Lo mismo que renglón 109 pero con glo  
bo verde asimétrico y Cat. N° 44377 D  
para luces de umbral.
- 111            40            Lo mismo que renglón 109 pero con glo  
bo 180° amarillo y 180° claro.
- 112            320           Lo mismo que renglón 109 pero con glo  
bo azul asimétrico y Cat. N° 44378 D  
para luces de pista de carreteo.
- 113            15            Lámpara marcadora de obstrucción sim  
ple, con globo rojo similar a Cat. N°  
44722 Crouse Hinds, tipo EOL; según -  
especificación F.A.A. L-810.
- 114            27            Lámpara marcadora de obstrcción doble,  
con globos rojos similar a Cat. N°  
44507 A, Crouse Hinds según especifi-

		cación F.A.A. L-810.
115	117	Bombillo incandescente de 100 vatios, 6,6 amp., tipo 6,6 A/ T10/2P, Crouse Hinds o similar para usar en renglón 110, 111 y 109.
116	267	Bombillo incandescente de 45 vatios, 6,6 amp., tipo 6,6 A/ T10P Crouse --- Hinds o similar para usar en renglón 112.
117	122	Bombillo incandescente de 67 vatios, 115 voltios tipo 67A21/99TS Crouse -- Hinds o similar para usar en renglón 112-113-114.
118	2	Letrero similar al del Renglón 118 <u>pe</u> ro de cuatro letras y Cat. N° 1759 562
119	8	Letrero similar al del Renglón 118 <u>pe</u> ro de cinco letras y Cat. N° 1.759 -- 563

PARTE II.- TRANSFORMADORES Y APARATOS DE REGULACION

<u>REGLON</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCION</u>
201	1	Transformador de tensión trifásico de 75 KVA sumergido en aceite, autoenfriado, diseñado para trabajo continuo - bajo cubierta a una altura superior a 2500 metros SNM., diseñado para soportar un aumento de temperatura de 55 (°C) sobre una temperatura ambiente de 35 (°C). El voltaje primario será 6.300 voltios, conexión delta 60 -- c/seg. con tres bornes <sup>A.F.</sup> tendrá "Taps" de $\pm 5\%$ respecto al voltaje nominal. El voltaje secundario será 2.400 voltios conexión delta. Se incluirán todos los equipos estandar auxiliares de medición de nivel de aceite, válvula para cambio de aceite, depósito de expansión, y orificio para relleno de aceite. Se sujetará a las normas establecidas EEI-NEMA para transformadores de estas características.
202	1	Transformador monofásico de tensión - 25 KVA sumergido en aceite, autoenfri

ado, diseñado para trabajo continuo -  
bajo cubierta a una altura superior a  
2.500 metros SNM., diseñado para so -  
portar un aumento de temperatura de -  
55(°C) sobre una temperatura ambiente  
de 35(°C). El voltaje primario será -  
2.400 voltios y el secundario 1.200/  
/600 voltios neutro a tierra con to -  
dos los accesorios; completo. Se ajus  
tará a las normas EEI-NEMA para trans  
formadores de estas características.

- |     |     |  |
|-----|-----|--|
| 203 | 1   | Transformador similar al del renglón<br>202 pero de 3 KVA. y voltaje 2400/230<br>- 115, monofásico, neutro a tierra.   |
| 204 | 2   | Transformador de tensión 600/24 vol -<br>tios 60 c/seg. 1200 voltios para usar<br>en renglón 108 para montar en la in -<br>temperie, con cubierta de caucho.   |
| 205 | 117 | Transformador de intensidad aislado,<br>con cubierta de caucho para circuito<br>serie de 3.000 voltios, 100 vatios<br>6,6/6,6 amp., 60 c/seg. para usar con<br>renglón 109 110 y 111 provisto de co -<br>nectores para conexiones. Para ente - |

		rrar directamente en el suelo según - especificación F.A.A. L-834.
206	267	Similar a renglón 205 pero de 45 va - tios para usar con renglón 112.
207	95	Transformador de tensión 600/115 vol - tios, 67 vatios para usar con renglón 112-113 y 114 con conectores para co - nexiones; con cubierta de caucho para enterrar directamente en el suelo.
208	8	Transformador de tensión 600/115 vol - tios 500 vatios para usar con renglón 104 listo para conectarse, para monta je directo en el poste o estructura - metálica.
209	2	Regulador automático de corriente -- constante tipo estático de 20 Kw., 2.400 voltios a 6,6 amperios 60 c/seg. llenado de aceite, diseñado para tra - bajo continuo bajo cubierta a una al - tura superior a los 2.500 metros SNM; diseñado para soportar una sobretampe ratura de 55(°C) sobre una temperatu - ra ambiente de 35(°C). Completo con - regulador automático de brillantez y

protecciones contra cortocircuito y -  
circuito abierto. Similar al tipo  
SCRVB Cat. N° 51220 Crouse Hinds. En  
cuanto a sus características se suje-  
tará a las especificaciones F.A.A. --  
L-828a. Con dispositivo para control  
remoto y control manual.

210

1

Transformador monofásico de tensión -  
230/24 voltios, provisto de "taps" --  
para dar tensiones de 24 - 18 - 12 --  
voltios para ser usado en renglón 301,  
para funcionamiento bajo cubierta, de  
100 vatios.

PARTE III.- APARATOS DE CONTROL, PROTECCION Y MANIOBRA

REGLON	CANTIDAD	DESCRIPCION
301	1	Tablero para ponerse en la torre de control, destinado a controlar los circuitos de iluminación; será para montarse a ras del escritorio o mesa de control e irá provisto de todos los dispositivos, según diseño (Fig <sup>d-d</sup> ) Tendrá todas sus conexiones internas hechas y los terminales de salida perfectamente identificados y listos; será del tipo abisagrado. Completo, con luces indicadoras, con botón de prueba de las luces y todos sus accesos. Funcionará a 24 voltios por medio de un transformador monofásico 230/24 voltios, propio (renglón 210)
302	1	Selector de circuitos serie de 6,6 amp., 3.000 voltios de cuatro circuitos; completo, con cuatro relés de control remoto con bobinas de accionamiento local con sus 4 posiciones interbloqueadas. Similar a Cat. N° 1371902 Crouse Hinds, según norma

F.A.A. AN-2558-2.

- 303            4            Relé intermitente similar a tipo TSS-  
-22 Cat. N° 46993, Crouse Hinds, con  
contactos de mercurio para 25 amp. --  
115 voltios, para usar en renglón 104  
para accionar un circuito; en cabina  
a prueba de agua, regulado para dar -  
40 destellos por minuto. Completo.
- 304            8            Célula fotoeléctrica con contacto de  
carga unipolar de 25 amp. a 115 vol -  
tios, corriente alterna de 60 c/seg.  
Similar a tipo 10-60 FC, Cat. N°  
44870 A Crouse Hinds en cabina a prue  
ba de agua, para accionar los contac  
tos cuando la intensidad de luz am --  
biental sea aproximadamente el 60% --  
del valor de apagado.
- 305            4            Desconectador manual en caja de porce  
lana, para utilizar en circuitos se -  
rie de alumbrado, unipolares, para po  
tencia superior a 10 KW. Similar a --  
Cat. N° 9F6DN11. Crouse Hinds.
- 306            6            Similar a Renglón 305 pero de capaci  
dad menor a 10 KW y Cat. N° 374065464,

Crouse Hinds, *bipolares*.

- |     |   |  |
|-----|---|--|
| 307 | 3 | Portafusible desconectador en caja de porcelana; completo, para terminal <u>es</u> tandard de cable hasta N° 2 AWG. para 7,8 KV, 50 amp., para ser usado a la intemperie con todos los accesorios - necesarios para montaje en cruceta de hierro, con tubo portafusible de desprendimiento para identificación a -- distancia. Sus características se sujetarán a las especificaciones estandard EEI-NEMA. |
| 308 | 3 | Portafusible desconectador similar al renglón 307 pero aislado para 2,4 KV.  |
| 309 | 3 | Elemento fusible de cinta de 3 amp. para ser utilizado en portafusible - del renglón 307   |
| 310 | 3 | Elemento fusible de cinta de 5 amp. para ser utilizado en portafusible -- del renglón 308  |
| 311 | 3 | Similar a renglón 307 pero para 2.400 voltios, 50 amperios con tira fusible de 5 amperios.   |
| 312 | 3 | Desconectador en caja de porcelana; -  |

completo para terminal estandard de - cable hasta N° 2 AWG. para 2.400 voltios, 50 amp., para ser usado bajo cubierta, con todos sus accesorios necesarios para montaje en cruceta de hierro. Sus características se sujetarán a las especificaciones estandard EEI-NEMA.

313            3        Pararrayo tipo válvula, clase de distribución de 6,3 KV. para utilizarse en altura superior a 2.500 m. S.N.M., con todos los accesorios de montaje en cruceta de hierro; sus características se sujetarán a las especificaciones EEI-NEMA.

314            1        Panel metálico con tapa para ser usado bajo cubierta y listo para efectuar las conexiones, previsto de:

- 1 Interruptor automático bipolar, capacidad nominal de 5 amp., 115 voltios;
- 2 Interruptores automáticos bipolares, capacidad nominal de 10 amp., 115 voltios;

- 1 Relé bipolar con los contactos de -  
carga de 5 amp., 115 voltios normall  
mente abiertos, con bobina deenergi  
zada; la bobina de operación será -  
para una tensión de 115 V. y 60c/seg;
- 2 Relés similares al anterior pero con  
contactos de carga de 20 amp.
- 2 espacios de reserva.

315

1

Panel similar al del renglón 314 pero  
provisto de:

- 5 Interruptores automáticos bipolares,  
capacidad nominal de 3 amp. 600 voll  
tios , uno de 5 amp.
- 1 Interruptor automático bipolar, ca-  
pacidad nominal 20 amp 600 voltios;
- 6 Relés bipolares similares a los del  
renglón 311 pero con contactos de -  
carga de 5 amp. y 600 voltios;
- 1 Relé bipolar similar a los del ren-  
glón 311 pero con contactos de car-  
ga de 20 amp. y 600 voltios;
- 2 espacios de reserva.

316

1

Panel similar al del renglón 314 pero  
provisto de:

- 1 Interruptor automático bipolar, capacidad nominal de 10 amp. y 2.400 voltios;
- 1 Interruptor automático bipolar, capacidad nominal de 10 amp. y 2.400 voltios;
- 2 Relés bipolares similares a los del renglón 314 pero con contactos de carga de 20 amp. y 2.400 voltios;
- 2 espacios de reserva.

PARTE IV.- EQUIPO DE EMERGENCIA

<u>REGLON</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCION</u>
401	1	Grupo motor - generador. El generador será de corriente alterna, 60 c/seg. Trifásico, conexión Y con neutro a tierra, tres hilos con 2.400 voltios entre fases. Tendrá el campo rotativo y excitación conectada directamente; - la regulación del voltaje externo estará dentro del $\pm 2\%$ . Estará conectado directamente al volante del motor por medio de acoplamiento semiflexible. Tendrá una potencia de 75 KVA., El motor será de combustión interna a diesel y será capaz de suministrar la potencia necesaria al generador. - Será diseñado para trabajar a una altura superior a los 2.500 m. S.N.M., será para trabajo continuo, enfriado por agua. Completo, con todos sus accesorios, incluyendo el sistema eléctrico para arranque y funcionamiento; con tablero indicador de temperatura de agua, manómetro de presión de acei

te, botón de arranque manual y regulador de velocidad. El alternador tendrá un tablero que incluya un amperímetro, un voltímetro, reóstato de ajuste de voltaje, frecuencímetro, medidor de tiempo de funcionamiento y protección de sobrecorriente, con todas sus conexiones hechas. El equipo vendrá completo con todas sus conexiones listas.

402

1

Tablero para ponerse en la torre de control, destinado a controlar la alimentación de emergencia de energía eléctrica; será para montarse a ras del escritorio o mesa de control. Completo, (Fig. 157), con todos los dispositivos indicados, sus conexiones internas hechas y los terminales de salida perfectamente identificados y listos; será del tipo abissado con luces indicadoras con botón de prueba de las luces y todos sus accesorios. Los voltímetros tendrán una escala 0 a 3 KV., y serán --

adecuados para funcionar con los trans  
formadores de tensión para medida co-  
rrespondiente.

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 403 | 2 | Transformador de tensión de medida --<br>2.400/120 voltios clase 0,3 X ASA., -<br>trifásico.  |
| 404 | 1 | Conmutador para accionamiento automá-<br>tico y manual para una corriente de 5<br>amp. a 2.400 voltios. Para dos circui-<br>tos. Podrá operar con carga. Para el<br>accionamiento automático dispondrá de<br>una bobina que funcionará a 115 vol-<br>tios y será operada desde la torre de<br>control. El conmutador será trifásico,<br>para funcionar a una altura superior<br>a los 2.500 metros S.N.M. |

PARTE V.- CABLES, ACCESORIOS Y OTROS

<u>RENGLON</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCION</u>
501	7500	Metro de conductor de cobre sólido N° 6 AWG, semiduro, aislado con caucho y con cubierta de neopreno según especificación F.A.A. L-824 para ser enterrado directamente en el suelo; aislado para 1.000 voltios, similar a tipo A Crouse Hinds. Tipo standard RW, NEC
502	3500	Metro de conductor similar al del renglón 501 pero N° 10 AWG.
503	1500	Metro de conductor similar al del renglón 501 pero N° 14 AWG.
504	15300	Metro de conductor de cobre sólido, semiduro, aislado con caucho y con cubierta de neopreno, según especificación F.A.A. L-824 para ser enterrado directamente en el suelo; aislado para 3.000 voltios, similar al tipo B. Crouse Hinds. Tipo standard RW, resistente al ozono, NEC N° 10 AWG.
505	6000	Metro de conductor de cobre sólido, semiduro, con aislamiento de caucho o neopreno N° 14 AWG. Tipo standard --

		NEC., aislado para 1.000 vatios
506	550	Metro de cable tipo "Duplex", N° 10 AWG., aislado para 1.000 voltios, con cubierta de caucho o neopreno.
507	1200	Lo mismo que el renglón 506, pero N° 8 AWG.
508	450	Lo mismo que el renglón 506, pero N° 6 AWG.
509	1	Batería de 6 voltios, 15 amp-hora de placas de plomo para usar con renglón 105
510	1	Batería de 24 voltios, 15 amp-hora de placas de plomo para usar con renglón 301 y 402. Vendrá provista de "Taps" para obtener 24-18 y 12 voltios.
511	660	Lo mismo que renglón 506 pero N° 14 AWG.
512	1	Lote de material aislante, accesorios necesarios para efectuar las conexio- nes.

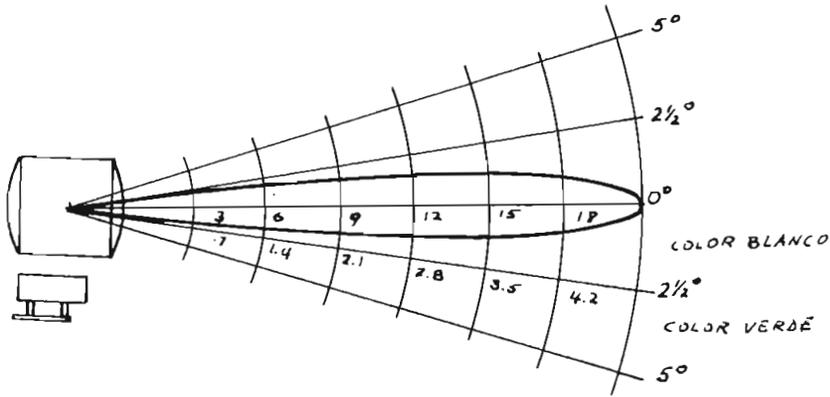


Fig 4-1

CURVA TIPICA DE DISMINUCION LUMINICA  
(EN LUMENES)

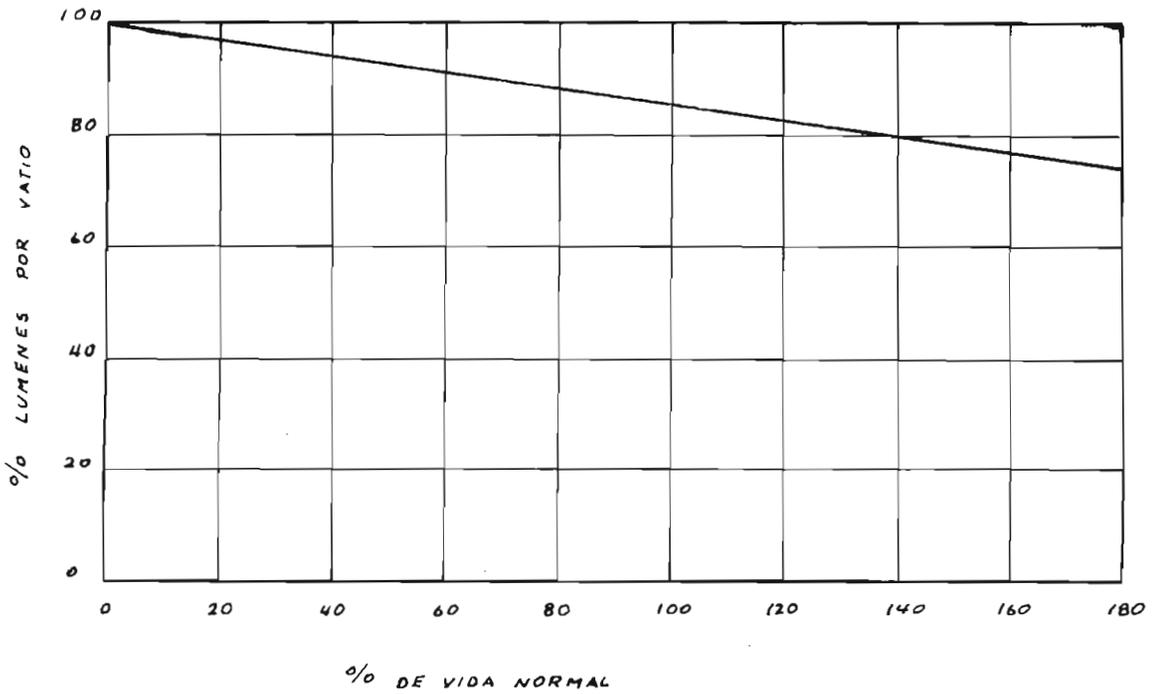


Fig 4-2

PISTA

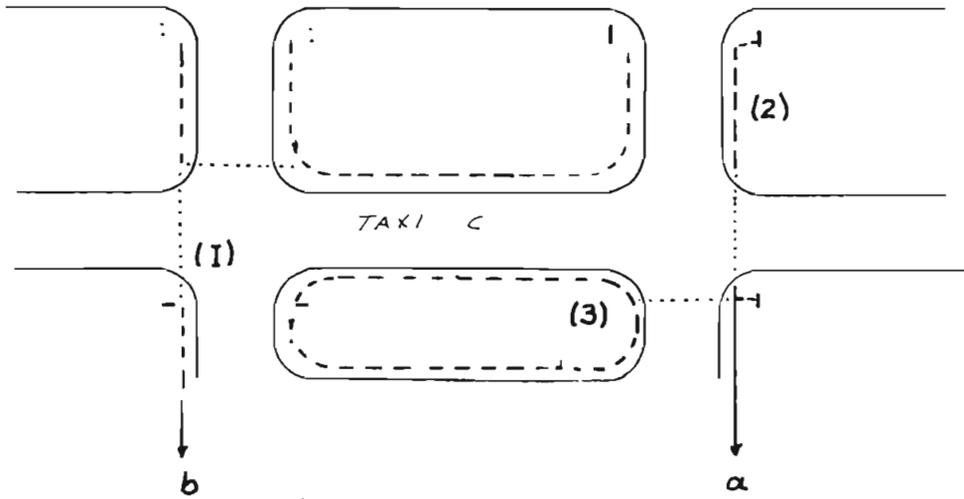
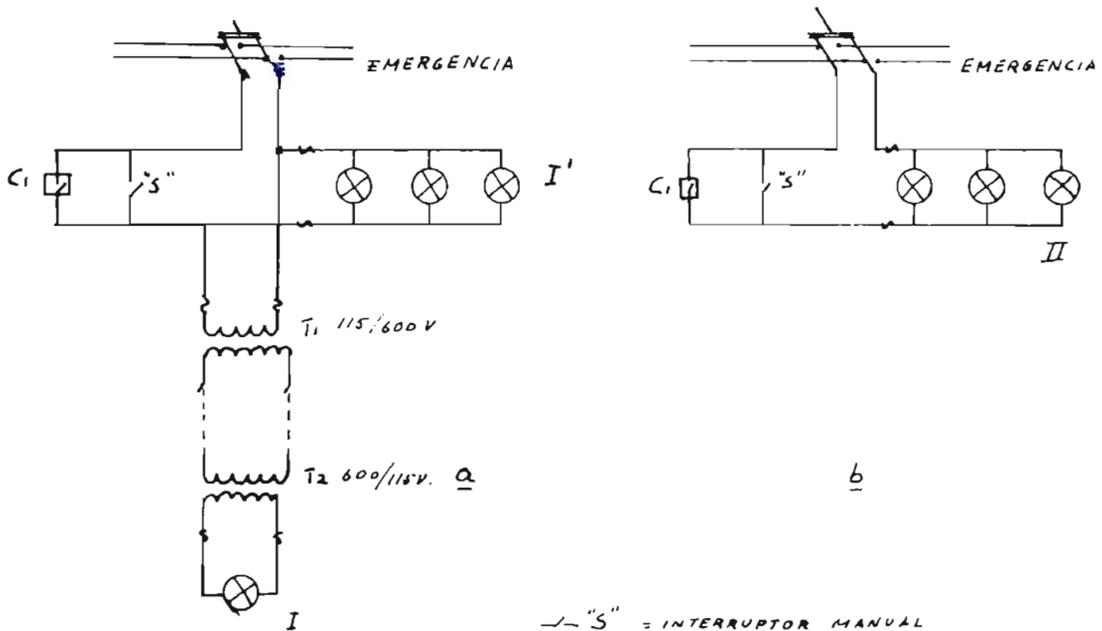


Fig 4-3



- "S" = INTERRUPTOR MANUAL
- C<sub>1</sub> = CELULA FOTOELECTRICA
- Q = FUSIBLE
- = SECCIONADOR

Fig 4-5

# TABLERO DE CONTROL

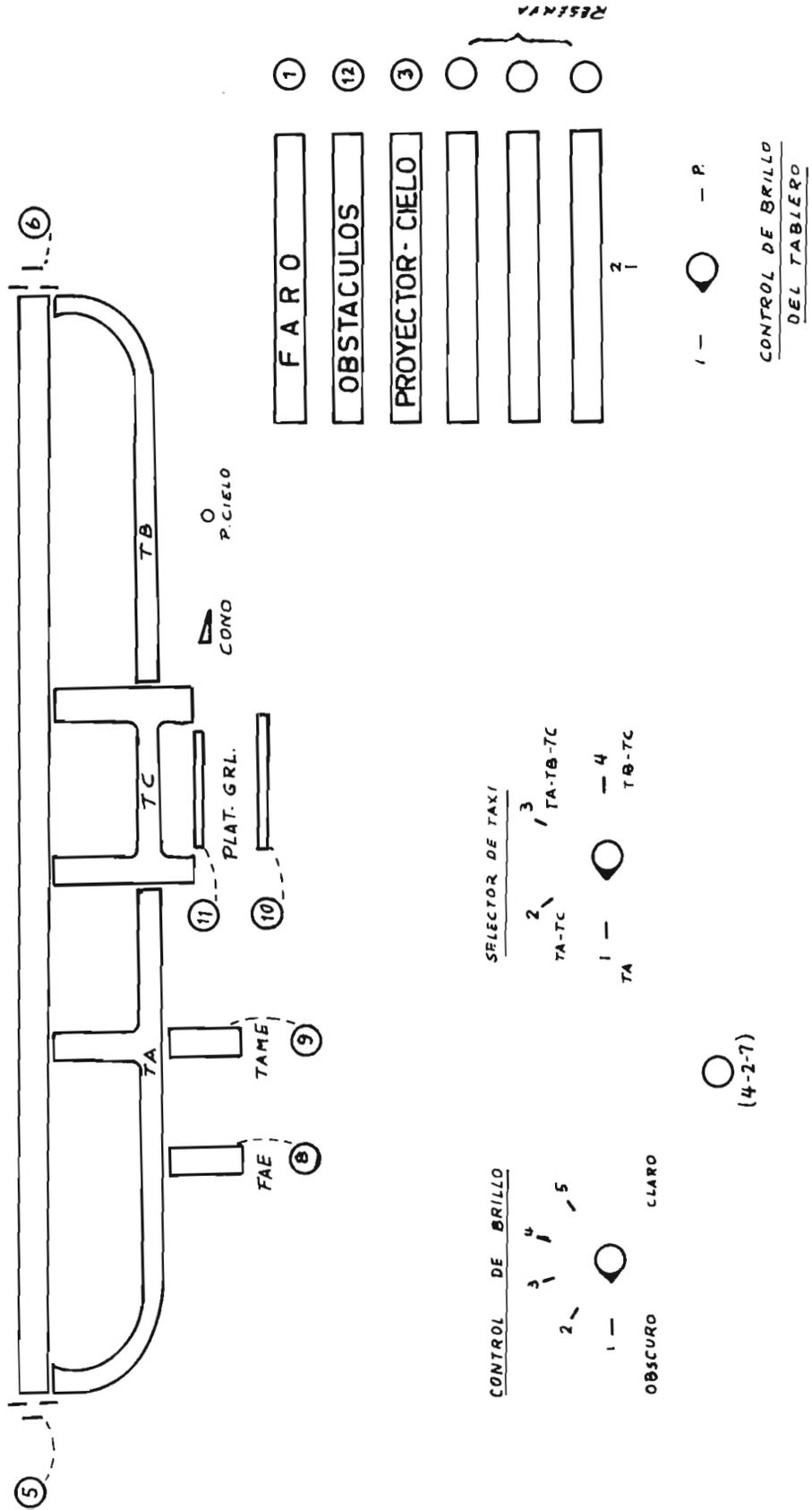


Fig 4-D-1

# TABLERO DE CONTROL

## DIAGRAMA DE CONEXIONES

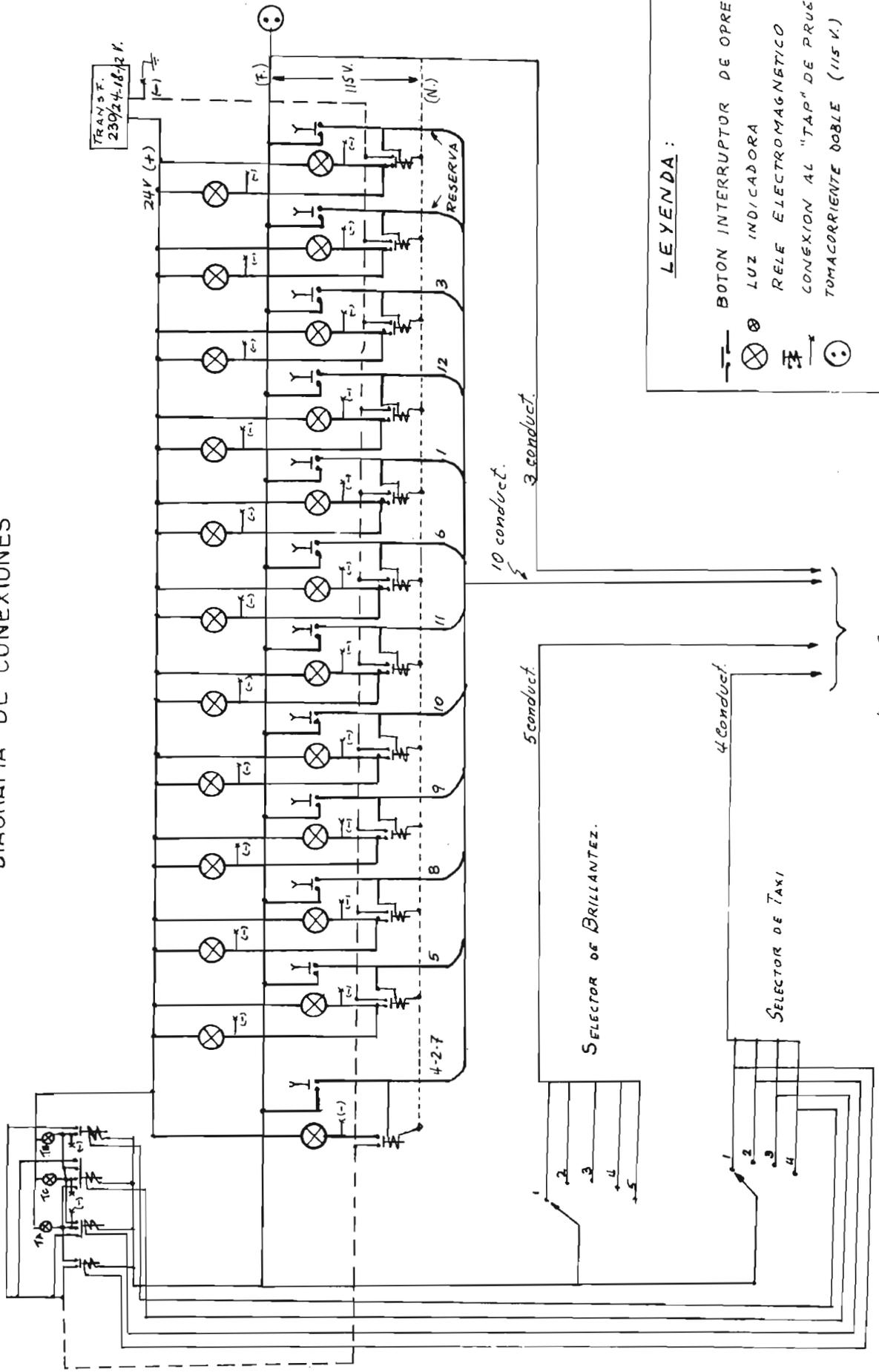
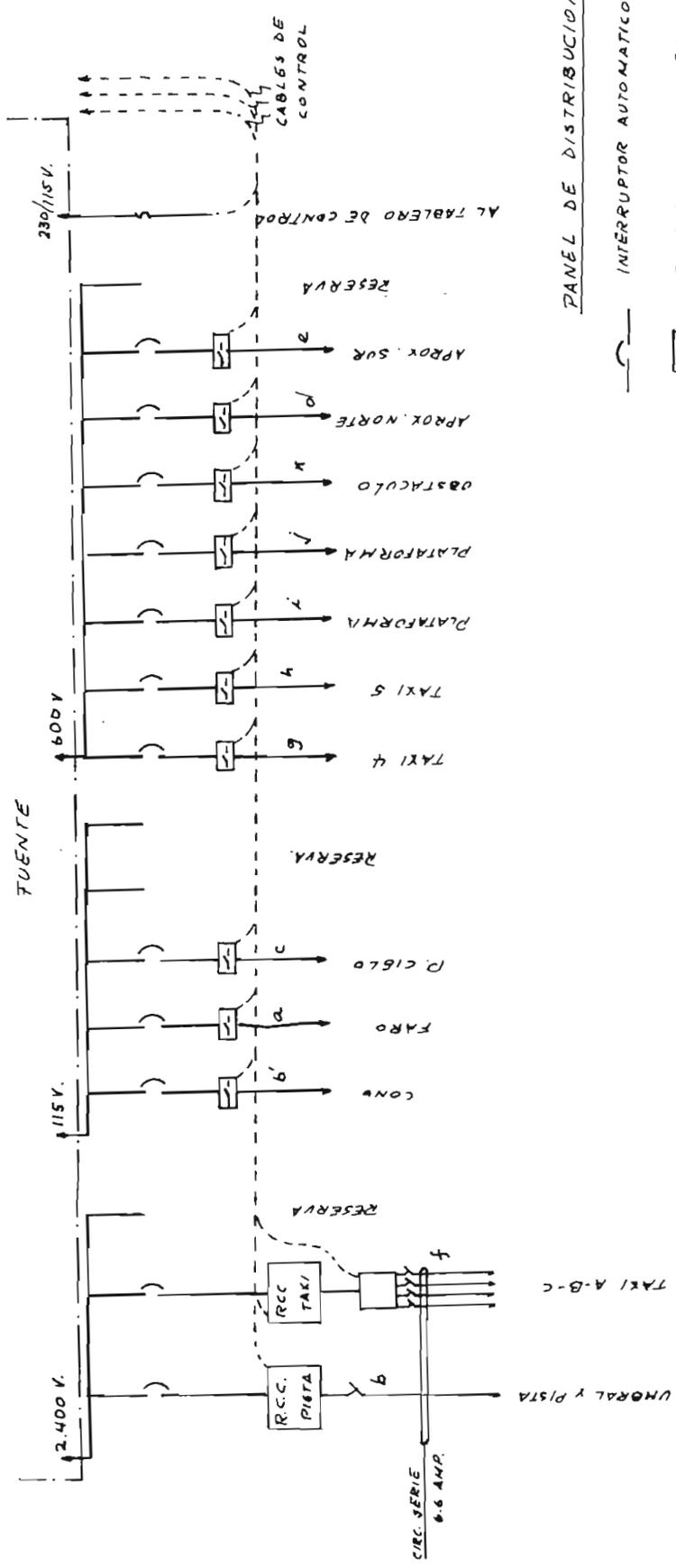


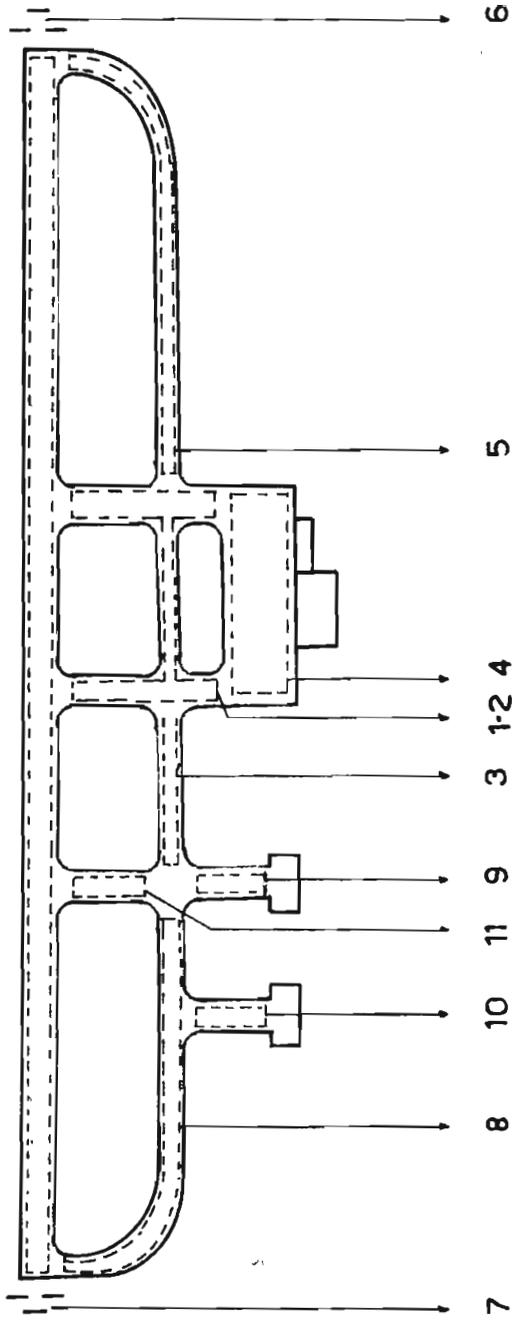
FIG. 4-d-2



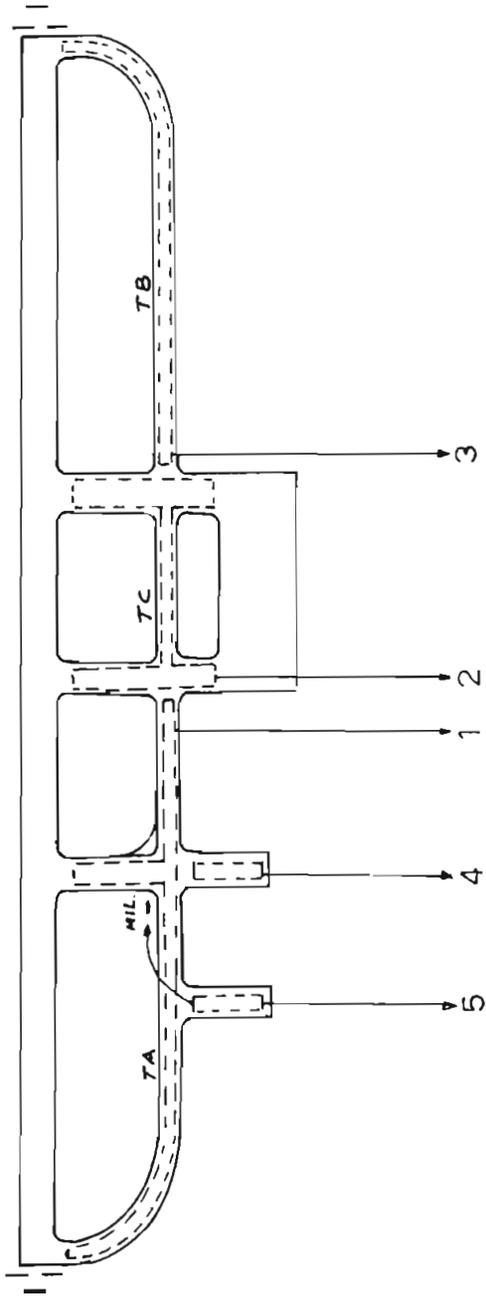
PANEL DE DISTRIBUCION

- INTERRUPTOR AUTOMATICO
- ☐ RELE ELECTROMAGNETICO
- ~ DESCONECTOR

Fig 4-d-3



PLANO L - 3



PLANO L-4

## C A P I T U L O    V

### 5-1. SISTEMA DE ALIMENTACION DE ENERGIA ELECTRICA DEL AEROPUERTO

El aeropuerto "Mariscal Sucre" se encuentra dentro del perímetro urbano de la ciudad de Quito y está servido actualmente por la red de servicio público de la Empresa Eléctrica "Quito" S.A.

La alimentación se hace a través de un transformador, el cual da servicio de alumbrado y fuerza para las necesidades actuales del terminal.

Se ha visto en el capítulo anterior que la capacidad a instalarse para las ayudas lumínicas para la navegación aérea ascienden a 50.420 vatios más pequeños servicios como son: alumbrado de la subestación, proyector de señales para permiso o prohibición de aterrizaje y tomacorrientes en la subestación lo que da una potencia total que en ningún caso rebasarían los 51 KW.

Esto lleva a la conclusión de que se necesita un transformador adicional que alimente todos los servicios mencionados ya sea por falta de capacidad del existente como también por dar independencia a los dos servicios.

Como casi toda la carga instalada es resistiva ya que se trata de circuitos de alumbrado y sólo una pequeña --

parte corresponde a electroimanes de accionamiento y a un motor de 1/6 de HP., se puede adoptar un factor de potencia elevado que puede tomarse como 0,90.

Ya se ha hablado en los primeros capítulos que el sistema de alimentación de energía eléctrica de un aeropuerto debe prestar condiciones de seguridad y continuidad de -- servicio lo más buenas posible. Por esta razón es necesario efectuar una protección selectiva de manera que cuando ocu - rre un cortocircuito en un punto alejado de la fuente, no ocasiona la fusión del fusible principal o el accionamiento - del dispositivo de disparo principal, dejando sin tensión a todo el sistema sino que, en un caso de estos, quede sin servicio sólomente el aparato o circuito falloso, sin afectar - al resto.

En el capítulo anterior se indicó ya los fusibles que se colocarán en cada punto de los circuitos paralelos de pista de carreteo y de obstrucción y también el valor de los interruptores automáticos que se instalarán en el panel de - distribución de salida de los circuitos.

Ahora queda por determinar la capacidad de los dispositivos de protección que se instalarán más adelante, yendo hacia la fuente de alimentación.

Los ramales de 2.400 voltios ya se hallan protegidos por los interruptores automáticos.

Los circuitos de 115 voltios se reúnen en un alimentador que sale del transformador TR2; la corriente que debe suministrar este transformador será de 19,92 amperios por lo tanto, su capacidad será de:

$$\text{KVA} = 19,92 \times 115 \times 10^{-3}$$

KVA = 2,29 y considerando futuras ampliaciones debido a los ramales de reserva y otros servicios ocasionales, la capacidad de este transformador será de 3 KVA, monofásico, 230/115 voltios, neutro a tierra. A la salida de este transformador se instalarán cuchillas seccionadoras para utilizarlas en caso de necesitar hacer una conexión en el lado de baja tensión ya que no es necesario poner fusibles -- pues ya se halla protegido el transformador con los interruptores automáticos y los fusibles de los circuitos mencionados.

Lo mismo se puede decir con respecto al transformador TR3 de 2.400/600 voltios, cuya potencia será:

$$\text{KVA} = 0,6 \times 33,6 = 20,16 \text{ Kva.}$$

Bajo la misma consideración que en el caso anterior, se pondrá un transformador de 25 KVA., monofásico, 2.400/1.200-600 voltios, neutro a tierra.

Se ha considerado la corriente en cada ramal como la suma de la corriente de todos los circuitos individuales por cuanto todos funcionan al mismo tiempo con su capacidad

nominal. Este mismo razonamiento se tomará en cuenta para seleccionar la capacidad del transformador TR<sub>1</sub>, o sea que se toma la potencia como la suma de las potencias de todos los circuitos. En un párrafo anterior se indicó que la potencia de este transformador será de 51 KW, con un factor de potencia 0,90 por lo tanto, esta potencia expresada en KVA será de:

$$KVA = 51/0,9 = 56,7.$$
 Se podrá poner tranquilamente un transformador de 50 KVA que trabaje con una sobrecarga de un 11,3% durante cortos períodos de tiempo sin sufrir daños; sin embargo, en vista de que en cualquier momento se puede ampliar el servicio, se instalará un transformador de una potencia de 75 KVA lo que, a su vez, dará una mayor elasticidad al sistema.

Los transformadores TR<sub>2</sub> y TR<sub>3</sub> y los ramales de 2.400 voltios se reúnen en un solo ramal el cual recibe alimmentación del transformador TR<sub>1</sub>.

En esta barra se colocará portafusibles desconectadores aislados para 2,4 KV y de 50 amperios, con fusibles de 20 amperios.

Entre este transformador y la línea de alimentación irán portafusibles desconectadores aislados para 7,8 KV y para 50 amperios y fusibles de 12 amperios.

Se ha previsto portafusibles desconectadores tanto

en alta como en baja tensión por cuanto entre el transformador  $TR_1$  y sus portafusibles desconectores de baja tensión deberá colocarse un conmutador que servirá para efectuar el cambio de fuente de alimentación de la línea de servicio público al grupo electrógeno propio del aeropuerto, en caso de que fallara la primera debido a fallas ajenas a la alimentación del aeropuerto, siendo necesario proteger al mencionado grupo de cortocircuitos o fallas de los circuitos internos del aeropuerto.

El grupo electrógeno de emergencia se instalará en una construcción vecina a la subestación de manera que se -- tenga todo lo referente al control y alimentación en un solo sector y sea fácil efectuar cualquier operación por parte -- del empleado encargado.

Este grupo tendrá una capacidad de 75 Kva. y será de arranque automático para poder controlarlo desde la torre de control y en la subestación, manualmente.

El conmutador automático servirá para desconectar el alimentador de la línea de servicio general cuando la ten sión varíe demasiado o en su defecto, desaparezca. Tres vol-tí metros colocados en el tablero de control indicarán al ope-ra dor cuándo debe efectuar la operación de cambio de alimen-ta ción, los cuales están conectados al secundario de un --- transformador de medida que se colocará en el secundario del

transformador  $TR_1$ . De esta manera, cuando falle una fase, -- dos de los voltímetros marcarán esa falla y cuando entre en funcionamiento la emergencia, se dispondrá de otros tres voltímetros similares a los anteriores, conectados a un transformador de medida a la salida del grupo de emergencia.

Estos voltímetros van colocados en un panel adyacente al tablero de control y en un sitio visible para el operador; serán del tipo a ras y bajo ellos, irán los botones respectivos de accionamiento del conmutador, el cual puede ser accionado automáticamente desde la torre de control, como también manualmente por el operador de la subestación.

## 5.2. CONCLUSIONES.

Vale repetir la importancia que tienen la adecuación de la pista de aterrizaje del aeropuerto "Mariscal Sucre" para facilitar los aterrizajes y despegues cuando las condiciones de visibilidad no son buenas. Sin embargo, este trabajo no es la solución definitiva para un buen servicio en general, pues el aeropuerto es solo una parte del sistema de transporte aéreo nacional e internacional y para lograr un desarrollo completo en este aspecto es necesario contar con una red de comunicaciones y aeropuertos equipados con las ayudas indispensables como las que gozará el de este proyecto.

En muchas naciones ya se han abordado este problema con la seriedad del caso pues, como es conocido, un país bien servido en lo que se refiere a transportes y comunicaciones puede avanzar y progresar al vencer los obstáculos naturales. Se conoce también que se podría medir el grado de civilización que ha alcanzado un pueblo fijándose en la calidad y cantidad de sus medios de transporte y comunicaciones. Por eso, cuando decía que este trabajo no es la solución definitiva, estaba en lo cierto pues hace falta establecer las rutas aéreas ya sea con el objeto de eliminar las interferencias entre ellas como para proporcionar seguridad a pasajeros, carga y a las compañías. Esta demarcación de las rutas

se consigue mediante la instalación de una red de radiofaros y comunicaciones de vuelo, reduciendo a un mínimo la posibilidad de accidentes.

Existe en la actualidad un sistema de comunicaciones aeronáuticas que consiste principalmente en facilidades instaladas y operadas por las compañías de transporte aéreo, a excepción de unos pocos faros no-direccionales y de unos pocos circuitos de radio-telégrafo aislados, operados por la Dirección de Aviación Civil (DAC) los cuales cubren una pequeña parte de las rutas aéreas existentes. Estos sistemas comprenden:

1.- Red de radio-telégrafos, fundiendo Quito y Guayaquil internacionalmente con Panamá, Lima, Cali y Bogotá y con los aeropuertos locales de Esmeraldas, Manta y Cuenca;

2.- Facilidades para comunicación en el Terminal, de alta frecuencia (HF), en Guayaquil, Quito, Esmeraldas y Manta;

3.-Facilidades de comunicación "en ruta" en Quito y Guayaquil, operando en varias frecuencias internacionales convenidas y en una frecuencia nacional; y

4.- Faros no-direccionales (NDB's) en Ascázubi, Quito, Guayaquil, Esmeraldas y Manta.

El principal sistema de comunicación es operado por Panagra, que provee el control de tráfico existente;

los equipos son posteriores a la segunda Guerra Mundial y -- hoy son obsoletos. El sistema no cubre todas las rutas y tam poco cubre los mínimos requisitos de los modernos aviones. - No proporciona una operación segura y oportuna en todo tiempo.

En el Plan Regional de la ICAO (International Civil Aviation Organization) se ha presentado planes definidos sobre ayudas a la navegación aérea y bajo el cual, en Ecuador debería haber las siguientes ayudas convenidas internacionalmente:

1.- Radio-teletipo, apoyado por Radio-telégrafo, - fundiendo un "Centro de Información de Vuelo" a Guayaquil, -- con los centros correspondientes de los países vecinos;

2.- Comunicaciones directas (habladas) entre el -- Centro de Control de Tráfico Aéreo en Guayaquil y los correspondientes Centros en áreas adyacentes;

3.- Sistema de Comunicación uniendo Guayaquil con los principales aeropuertos del País;

4.- Facilidades en Quito y Guayaquil (HF y VHF) para comunicaciones con aviones en ruta y durante la fase de - aproximación y aterrizaje;

5.- Sistema instrumental de aterrizaje (ILS) en Guayaquil;

6.- Un número de Faros no-direccionales y faros om

nidireccionales para enrumbar la navegación, algunos de los cuales se requieren también para servir de punto de espera (holding) y ayudas de aproximación;

7.- Control positivo de tráfico aéreo a lo largo de grandes extensiones de rutas internacionales y servicios de aproximación en aeropuertos internacionales; y,

8.- Información meteorológica aeronáutica.

Parte del equipo pedido bajo el Plan Nacional de Desarrollo para encontrar algunas de las necesidades para -- servicio local fué comprada en 1.959 pero debido a falta de fondos, la instalación no se hizo hasta comienzos de 1.963. Recientemente se aprobó un préstamo del U.S. Eximbank para la compra de equipo adicional; este préstamo, sujeto a las rectificaciones del Gobierno Nacional y a la asignación de fondos necesarios a la DAC, hará posible realizar el proyecto en los próximos años.

Respecto al Aeropuerto "Mariscal Sucre" de Quito, en el Plan Nacional de Desarrollo se hacen las siguientes recomendaciones:

1.- Pronta instalación de un sistema visual indica dor de aproximación, un sistema visual de iluminación el -- cual provee una guía precisa del ángulo de aproximación du rante los pasos finales de aterrizaje, de lo que resulta en un incremento de seguridad y utilización de la pista;

2.- Se promulgarán leyes locales (zonificadas) para proteger las zonas despejadas requeridas y los ángulos de aproximación, de la invasión producida por la expansión urbana;

3.- Construcción de un edificio de Cuerpo de Bomberos y Seguridad;

4.- La plataforma deberá ampliarse, aplanarse, etc.

5.- Debe proveerse de una capa protectora tanto en pista como en calles de carreteo, operación que debe repetirse en dos o tres años.

6.- Debe terminarse la Carretera Panamericana;

7.- Aunque originalmente se incluyó en el Plan regional de la ICAO los sistemas de aterrizaje instrumental y los sistemas de iluminación para aproximación, no son recomendados para este aeropuerto por el Grupo de Estudio ni por el representante local de la ICAO. La pista actual, no puede ser aumentada en longitud, en la práctica, debido al crecimiento urbano aunque, con la instalación de un sistema visual de aterrizaje, se adecuaría a la pista hasta después de algunos años.

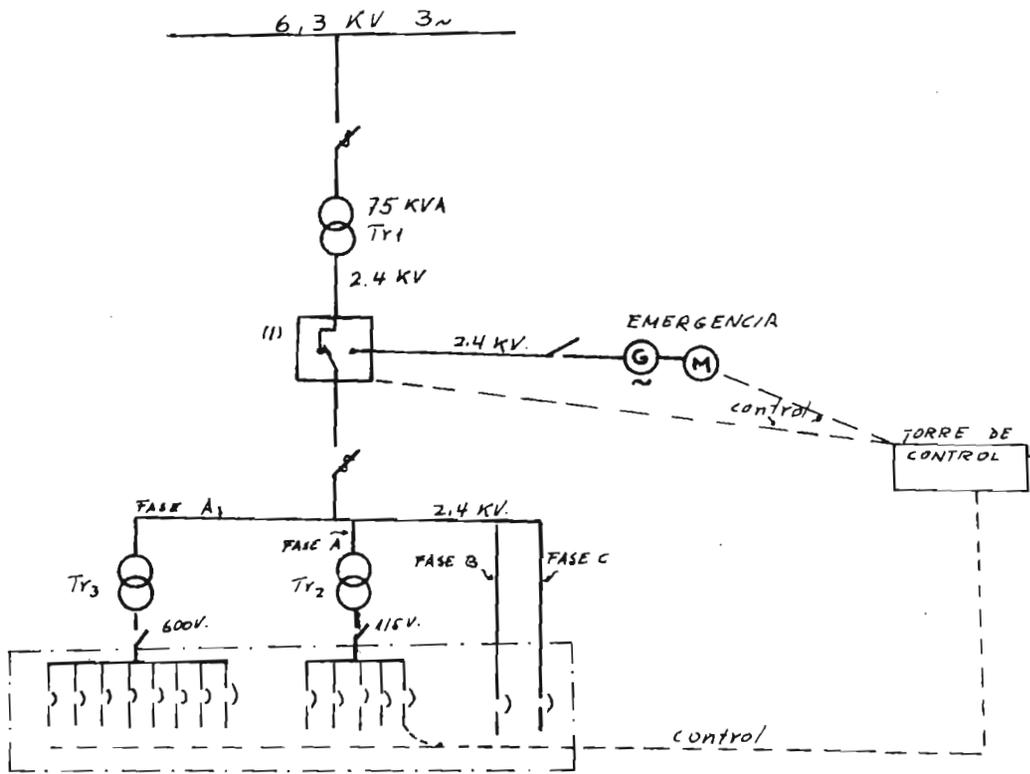
Un nuevo sitio, con una pista de 12.000 pies o más, se requerirá posteriormente y el nuevo aeropuerto se equipará con ayuda instrumental de aterrizaje y luces de aproximación.

Mientras no se decida a efectuar el cambio de aero

puerto de acuerdo al mencionado plan, debe procederse a la -  
selección del sitio en los próximos años, a la adquisición -  
de los terrenos y a la emisión de ordenanzas que protejan --  
los terrenos para los usos del aeropuerto.

Una vez terminado este estudio, tengo la confianza  
de que él sea un aporte al Plan Nacional de Desarrollo --  
(Transportes) y por consiguiente, al avance social y económi  
co del País.

# ALIMENTACION: DIAGRAMA UNIFILAR



I: CONMUTADOR

Fig 5-1

I N D I C E D E D I A G R A M A S

Diagramas del capítulo II	..... después de pag.	22
Diagramas del capítulo III	..... después de pag.	61
Diagramas del capítulo IV	..... después de pag.	151
Diagramas del capítulo V	..... después de pag.	163

CUADROS

3-I.- Distancia de las luces en lados curvos ....	pag.	83
Crecimiento del tráfico aéreo internacional	pag.	9
IV-1.- Resumen de circuitos .....	pag.	119
IV-2.- Valores de corriente de salida para circuitos serie .....	pag.	122

REFERENCIAS

3.- Número índice.- El número índice de un avión es el peso en libras por pie cuadrado de superficie de ala multiplicado por el peso en libras por caballo de potencia, producto que es - proporcional al largo de la pista requerida.

AVION	PESO	CAP.	No. INDICE	Largo PISTA	POTENCIA
Piper Standard	0,5	2	136	500	65
Ercoupe	0,6	2	170	600	65
Stinson Reliant	1,8	4	209	700	280
Beechcraft 185	3,5	8	166	800	2x450
Douglas DC-3	11,5	22	268	1.050	2x1200
Douglas DC-4	33	56	455	1.600	4x1.500
Lockheed Constell.	42	64	515	1.600	4x2.000
Boeing Stratocr.	59	90	682	1.950	4x3.500
Douglas DC-7	74	113	871	2.900	4x3.000

NOTA: Peso = Toneladas; Capacidad en personas; Largo pista - en metros; Potencia en caballos.

4.- En general, se denomina "Serie" a cualquier aparato conectado en serie con la línea; así, transformador serie, lámpara serie, etc.

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

- 1.- Aeropuertos.- Apuntes de clase de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Chile. 1.952 por el Ing. Florencio Ayarzún.
- 2.- Plan Nacional de Desarrollo del Ecuador.- Sección Transportes, Cap. XI. Marzo de 1.964.
- 5.- "Federal Aviation Agency, FAA".  
Normas para instalación de ayudas en aeropuertos.
- 6.- W. A. Pennow.- Ing. Consultor, División de Alumbrado. - Westinghouse El. Co.- Publicación "Alumbrado de Aeropuertos y la era del Avión a Reacción".
- 7.- Manual de Alumbrado Westinghouse.- 1.962
- 8.- Instalaciones Eléctricas por G. Castelfranchi.
- 9.- Catálogo "Aviation Lighting Equipment" N° 319 Crouse - Hinds Co.
- 10.- Diccionario Enciclopédico "Utthea".
- 11.- Especificaciones Militares para iluminación de aeropuertos (EE.UU.) Octubre de 1.960, MIL-2-26627 A.
- 12.- Kwlton - Manual del Ingeniero Eléctrico.
- 13.- Folleto, "Supply Units for Airfield Light Beacons Systems" reimpreso de "Philips Technical Review" Vol. 17, - N° 1, de Julio de 1.965.
- 14.- Proyectos de Aeropuertos por Charles Fraesch y Walther - Prokosch. - 1.946.
- 15.- Westinghouse Cat. N° 60-950 a 60-959.
- 16.- Philips.- Catálogo "Iluminación de Aeropuertos".
- 17.- Philips.- Folleto "Light Beacons to aid Landing Aircraft" por J. B. de Boer.

- 18.- Siemens.- Instalaciones para Iluminación de Aeròpuertos.
- 19.- C. & G. Carandini.- Grandes instalaciones de innundación de luz. (España).