

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PISTA Y PLATAFORMA  
DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ**

**KAROL ENRIQUE CIFUENTES THORRENS  
EDGARDO JOSE PINTO TOVAR**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA  
CARTAGENA**

**2000**

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PISTA Y PLATAFORMA  
DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ**

**KAROL ENRIQUE CIFUENTES THORRENS**

**EDGARDO JOSE PINTO TOVAR**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingenieros  
Electricistas**

**Director:  
EDUARDO GOMEZ VASQUEZ  
Ing. Electricista.**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA**

**CARTAGENA**

**2000**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	3
1.1 RESEÑA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ	3
1.2 DESCRIPCION Y ANALISIS DEL PROBLEMA	4
1.3 JUSTIFICACION	6
1.3.1 Impacto Social	6
1.3.2 Impacto Económico	7
1.4 SUMINISTRO DE ENERGÍA	7
2. CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LAS AYUDAS VISUALES TERRESTRES	8
2.1 INTRODUCCION	8
2.1.1 Finalidad	8
2.2 FACTORES OPERACIONALES	8
2.2.1 Problemas del piloto	8
2.3 LAS CUATRO "C"	12
2.3.1 Configuración	12
2.3.2 Color	14

2.3.3	Candelas	16
2.3.4	Cobertura	19
2.4	EL ELEMENTO HUMANO EN EL EMPLEO DE AYUDAS VISUALES TERRESTRES	23
2.5	REQUISITOS OPERACIONALES	34
2.5.1	Generalidades	34
2.5.2	Aeropuertos pequeños	35
2.5.3	Aeropuertos importantes	37
2.6	UTILIDAD DE LAS AYUDAS VISUALES Y REFERENCIAS VISUALES PARA LOS PILOTOS	41
2.6.1	Generalidades	41
2.6.2	Ayudas visuales para las condiciones meteorológicas de vuelo visual	43
2.6.3	Ayudas visuales para condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos	56
3.	ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE LA OBRA	75
3.1	ALCANCE	75
3.2	NORMAS	75
3.3	DESMONTE DE LA RED EXISTENTE	76
3.4	PLANOS	76
3.5	LOCALIZACION DE LOS EQUIPOS	77
3.6	IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS	77
3.7	TIPOS DE CAJAS Y ZANJAS	78
3.8	EXCAVACIONES Y RELLENOS DE ZANJAS	78

3.9	CARACTERISTICAS E INSTALACION DE LOS DUCTOS	80
3.9.1	Características de los ductos	80
3.9.2	Instalación de los ductos	80
3.10	CONSTRUCCION DE LOS REGISTROS	82
3.11	TENDIDO DE LOS CONDUCTOS SUBTERRÁNEOS	83
3.11.1	Disposiciones previas a la construcción	83
3.11.2	Disposiciones generales	84
3.11.3	Tendido de los cables de media y baja tensión	86
3.11.4	Tracción del cable en los conductores	89
3.11.4.1	Método de tracción	89
3.11.4.2	Longitud del cable de tracción	89
3.11.5	Instalación de varios cables en un conducto	91
3.11.6	Instalación de cables en cajas de registro y agujeros de inspección	91
3.11.6.1	Ganchos para los cables	91
3.11.7	Terminaciones de los cables	92
3.11.8	Toma de tierra de los cables	92
3.12	ENTRADA Y SALIDA DE LOS CABLES SUBTERRANEOS DE LA SUBESTACIÓN	93
3.13	CAJAS DE CONEXIÓN	94
3.13.1	Instalación de las cajas	94
3.13.2	Instalación en el pavimento existente	94
3.13.3	Instalación de las cajas	95

3.14 ENTERRAMIENTO DIRECTO DE LOS TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO	95
3.15 DESCRIPCION DE LA OBRA	96
3.16 PRUEBAS	97
3.17 PUESTA EN SERVICIO	97
3.18 BALANCE DE LOS TRABAJOS	98
4. ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL SUMINISTRO DE LOS MATERIALES	99
4.1 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE TUBERIA Y ACCESORIOS CONDUIT	99
4.1.1 Alcance	99
4.1.2 Códigos y normas	99
4.1.3 Características generales	100
4.1.4 Inspecciones y pruebas	100
4.1.5 Garantías	101
4.1.6 Montaje	101
4.2 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS	103
4.2.1 Alcance	103
4.2.2 Códigos y normas	103
4.2.3 Montaje	103
4.3 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LUMINARIAS	105
4.3.1 Alcance	105
4.3.2 Códigos y normas	105

4.3.3	Características generales	106
4.3.4	Inspecciones y pruebas	107
4.3.5	Garantía	108
4.3.6	Montaje	108
4.4	ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN	109
4.4.1	Alcance	109
4.4.2	Códigos y normas	109
4.4.3	Características generales	110
4.4.4	Características constructivas	110
4.4.4.1	Generalidades	110
4.4.4.2	Barraje y conectores	111
4.4.4.3	Interruptores	112
4.4.4.4	Placa de identificación	112
4.4.5	Inspecciones y pruebas	112
4.4.6	Garantías	113
4.4.7	Montaje	113
4.5	ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO DE LOS TRANSFORMADORES	114
4.5.1	Alcance	114
4.5.2	Códigos y normas	114
4.5.3	Condiciones de entrega	115
4.5.4	Transformador con aislamiento en aceite	115

4.5.4.1 Características generales	115
4.5.4.2 Características eléctricas	118
4.5.5 Inspecciones y pruebas	118
4.5.6 Placa característica	119
4.5.7 Garantías	120
4.5.8 Despacho y transporte	121
4.6 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO DE CELDAS	121
4.6.1 Alcance	121
4.6.2 Normas y códigos	121
4.6.3 Características de construcción	122
4.6.4 Inspecciones y pruebas	123
4.6.5 Garantías	123
4.7 ESPECIFICACIONES PARA LA CONTRUCCION DE LA SUBESTACIÓN	124
4.7.1 Entradas	125
4.7.2 Ventilación	125
4.7.3 Drenaje	125
4.7.4 Señalización	125
4.8 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL SUMINISTRO DE LOS SECCIONADORES	126
4.8.1 Normas	126
4.8.2 Características técnicas	127
4.8.3 Inspecciones y pruebas	127



4.8.4	Garantía	128
4.9	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL SUMINISTRO DE LAS VARILLAS DE PUESTA A TIERRA	128
4.10	ESPECIFICACIONES PARA EL MONTAJE DE PUESTA A TIERRA	129
5.	CIRCUITOS ELECTRICOS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION DE LA PISTA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ	131
5.1	CLASES DE CIRCUITOS	131
5.1.1	Circuitos en serie	131
5.1.1.1	Selección de corriente	133
5.1.1.2	Circuitos eléctricos del sistema de iluminación de aproximación y de pista	134
5.1.1.3	Sistemas virtuales indicadores de pendiente de aproximación	144
5.1.1.4	Puesta a tierra	144
5.1.1.5	Reguladores de corriente constante	144
5.1.1.6	Características de operación de los reguladores de corriente Constante	147
5.1.1.7	Características de régimen de los reguladores de corriente constante	148
5.1.1.8	Transformadores de aislamiento	149
5.1.2	Circuitos en paralelo	152
5.2	CONTROL DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION DE PISTA	154
5.2.1	Circuito de control	154
5.2.1.1	Control manual	154
5.2.1.2	Control remoto	154

5.3 LAMPARAS	155
5.3.1 Características de las lámparas incandescentes	155
5.3.2 Características de las lámparas de descarga gaseosa	159
5.3.2.1 Lámparas de destellos sucesivos para aproximación	159
5.3.2.2 Otras lámparas de descarga gaseosa	159
5.4 METODOS PARA OBTENER LA INTEGRIDAD Y FIABILIDAD DE LA ILUMINACION DE LOS AERODROMOS	160
5.4.1 Definición de los términos	160
5.4.1.1 Fiabilidad e integridad	160
5.4.2 Medios destinados a mejorar la fiabilidad y la integridad	161
5.4.2.1 Reducción de la falla del circuito	161
5.4.2.2 Reducción de la falla de la fuente de alimentación	161
5.4.2.3 Reducción de la falla del circuito de control	162
5.5 VERIFICACION DE LOS CIRCUITOS DE ALIMENTACIÓN	162
5.5.1 Verificación visual	162
5.5.2 Verificación a través de sensores automáticos	162
5.6 ENSAYOS DE RECEPCION DE LOS CIRCUITOS ELECTRICOS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION DE PISTAS DE AEROPUERTOS	162
5.6.1 Aplicación	162
5.6.2 Período de garantía	163
5.6.3 Procedimientos de inspección	163
5.6.3.1 Inspección de cables, conectores y transformadores de Aislamiento	164

5.6.3.2 Inspección de los reguladores de corriente constante	165
5.6.3.3 Pruebas de funcionamiento del sistema	166
5.6.4 Pruebas eléctricas de los equipos de los circuitos en serie	166
6. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION DE LA PISTA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ	170
6.1 SISTEMAS VISUALES INDICADORES DE PENDIENTE DE APROXIMACIÓN	170
6.1.1 Avis y vasis	170
6.1.1.1 Presentación	171
6.1.1.2 Emplazamiento	171
6.1.1.3 Tolerancias de instalación	171
6.1.1.4 Características de los elementos luminosos	176
6.1.2 Papis	178
6.1.2.1 Emplazamiento	178
6.1.2.2 Características de los elementos luminosos	180
6.1.2.3 Pendiente de aproximación y reglaje de elevación de los elementos luminosos	181
6.1.2.4 Tolerancia de instalación	181
6.1.2.5 Superficie de protección contra obstáculos	184
6.2 LUCES DE BORDE PISTA	187
6.2.1 Emplazamiento	187
6.2.2 Características	188
6.3 LUCES DE UMBRAL DE PISTA	189

6.3.1	Emplazamiento	190
6.3.2	Características	190
6.4	LUCES DE EXTREMO DE PISTA	190
6.5	LUCES DE EJE DE PISTA	191
6.5.1	Emplazamiento	191
6.5.2	Características	192
6.6	LUCES DE TOMA DE ZONA DE CONTACTO	194
6.6.1	Emplazamiento	
6.6.2	Características	
6.7	SISTEMA DE LUCES DE APROXIMACION	
6.7.1	Sistema sencillo de iluminación de aproximación	
6.7.1.1	Características	
6.7.2	Sistema de aproximación Categoría I	
6.7.2.1	Características	
6.7.3	Sistemas de aproximación Categorías II y III	
6.7.3.1	Características	
7.	DISEÑO DE LA ILUMINACION DEL AREA DE SERVICIO O PLATAFORMA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ	
7.1	DEFINICION Y APLICACIÓN	
7.2	TRABAJOS REALIZADOS EN EL AREA DE SERVICIO	
7.2.1	Generalidades	
7.2.2	Rodaje de las aeronaves	

- 7.2.3 Operaciones con combustibles
- 7.2.4 Cargue y descargue de equipaje
- 7.2.5 Revisión mecánica
- 7.2.6 Embarque y desembarque de pasajeros
- 7.2.7 Vehículos para servicios de rampa (plataforma)
- 7.2.8 Mantenimiento y reparación del motor
- 7.2.9 Areas de parqueo para los vehículos de servicio de plataforma
- 7.2.10 Seguridad del aeropuerto
- 7.3 CONSIDERACIONES QUE AFECTAN LA LOCALIZACIÓN DE LAS LUMINARIAS EN EL ÁREA DE SERVICIO
- 7.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN
  - 7.4.1 Elección de la fuente luminosa
  - 7.4.2 Niveles de luminancia
  - 7.4.3 Deslumbramiento
- 7.5 MÉTODOS DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN
  - 7.5.1 Generalidades
  - 7.5.2 Altura del montaje de la luminaria
  - 7.5.3 Dirección de la luz
  - 7.5.4 Tipo de luminaria
  - 7.5.5 Aspectos físicos
  - 7.5.6 Recomendaciones
  - 7.5.7 Consideraciones especiales

7.5.7.1 Consideraciones económicas

7.5.7.2 Efecto estroboscópico

## 8. MEMORIA DE CALCULOS

8.1 Rediseño del sistema de iluminación de la plataforma

8.1.1 Determinación de la localización y montaje de las luminarias

8.1.2 Selección de las torres y determinación de la altura del montaje de las luminarias

8.1.3 Determinación del nivel de iluminación

8.1.4 Determinación del tipo de lámpara a utilizar

8.1.5 Determinación del tipo de proyector

8.1.6 Cálculo del flujo luminoso total y el número de lámpara a instalar

8.1.7 Cálculo del ángulo de orientación de las luminarias

8.1.8 Comprobación punto por punto

8.1.9 El programa del computador

8.1.10 Modelo matemático

8.1.11 Cálculo de la carga eléctrica a instalar y distribución de los circuitos

8.1.12 Cálculo de los conductores, protecciones y diámetro de tubería conduit para cables eléctricos

## 8.2 CALCULO DE LA ACOMETIDA DEL SISTEMA DE ILUMINACION DE LA PISTA

8.2.1 Luces borde de pista

8.2.2 Luces de extremo y umbral de pista

- 8.2.4 Luces de aproximación
- 8.3 CALCULO DEL TRANSFORMADOR
  - 8.3.1 Carga de los sistemas de iluminación de la pista
  - 8.3.2 Carga del sistema de iluminación de la plataforma
  - 8.3.3 Potencia del transformador
- 8.4 CALCULO DE LAS PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR
  - 8.4.1 Protección Primaria
  - 8.4.2 Protección Secundaria
- 8.5 CALCULO DE LAS ACOMETIDAS DEL TRANSFORMADOR
  - 8.5.1 Acometida Primaria
  - 8.5.2 Acometida Secundaria
- 8.6 CALCULO DE LOS TRANSFORMADORES DE MEDIDA
  - 8.6.1 Transformadores de Corriente
- 8.7 CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS
- 9. MANTENIMIENTO DE CIRCUITOS EN SERIE DE LA ILUMINACION DE AEROPUERTOS
  - 9.1 INTRODUCCION
  - 9.2 ALCANCE
  - 9.3 REFERENCIAS A LA NORMA
  - 9.4 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS
  - 9.5 CONFORMIDAD A LAS NORMAS INTERNACIONALES
  - 9.6 COMPETENCIA DE PERSONAS

- 9.6.1 Objetivo
- 9.6.2 Requerimientos
  - 9.6.2.1 Requerimientos para mantenimiento
- 9.6.3 Uso de un ingeniero civil de apoyo y contratista
- 9.7 PLAN DE MANTENIMIENTO
  - 9.7.1 Procedimiento de mantenimiento
  - 9.7.2 Procedimientos seguros
  - 9.7.3 Documentación e implementación de un plan de mantenimiento
- 9.8 ASESORES DE SEGURIDAD
- 9.9 NOTAS DE SEGURIDAD
- 9.10 FACILIDADES A TIERRA
  - 9.10.1 Factores ambientales
- 9.11 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE PRUEBA
- 9.12 EQUIPOS DE SEGURIDAD
  - 9.12.1 Equipos de protección personal
  - 9.12.2 Protección al fuego
- 9.13 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO
- 9.14 ADMITANCIA A AREAS DE MANTENIMIENTO AGL
- 9.15 INSPECCIONES
- 9.16 VIDA DE TRABAJO
- 9.17 MANTENIMIENTO DE EQUIPO ESPECIFICO
- 9.18 MANTENIMIENTO DE SUMINISTROS DE POTENCIA DE AGL



9.19 MANTENIMIENTO DE CIRCUITOS EN SERIE DE  
CORRIENTE CONSTANTE DE AGL

9.20 MANTENIMIENTO DE REGULADORES DE CORRIENTE  
CONSTANTE (CCRs)

9.21 MANTENIMIENTO DE CABLES

9.22 TERMINACION DEL TRABAJO

10. CONCLUSIONES

11. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

## **1. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 RESEÑA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ**

El aeropuerto Internacional Rafael Nuñez se encuentra ubicado en el barrio Crespo de la ciudad de Cartagena de Indias, limitando su pista al norte con el mar caribe, al sur y al este con la ciénaga de la Virgen y al Suroriente con el barrio San Francisco.

El aeropuerto Internacional Rafael Nuñez fue inaugurado en el año de 1978 con el nombre de Aeropuerto Internacional de Crespo, siendo presidente de la república el Dr. Alfonso López Michelsen, el cual a través del Ministerio del Transporte, le confiere su manejo y administración a la Sociedad de Aeronáutica Civil de Colombia.

En el año de 1986, el aeropuerto de la ciudad de Cartagena, adquiere el nombre de Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez.

En la actualidad el aeropuerto Internacional Rafael Nuñez fue dado en concesión por parte del Ministerio de Transporte para su administración durante quince (15) años a partir de 1997, a la Sociedad Aeronáutica de la Costa S.A (SACSA). La aeronáutica Civil en estos momentos, solamente maneja todo lo que a comunicaciones se refiere (Torre de Control – Aeronaves y viceversa), y los planes de vuelo.

El aeropuerto Internacional Rafael Nuñez cuenta en la actualidad con una pista en asfalto de Dos Mil Seiscientos (2600) metros de largo por Cuarenta y Cinco (45) metros de ancho, medidas estas que permiten el

aterrizaje de aviones del tipo DC 9, Mc Donells Douglas, RJ 100, aviones del tipo de cabina ensanchada tales como los Boeing 727, 757, 767 y los Airbus A – 300 y A – 320.

En conclusión se podría decir que, ninguna aeronave para transporte de pasajeros, presenta restricción para aterrizar en el aeropuerto Internacional Rafael Nuñez, en lo que a su pista se refiere.

El aeropuerto Internacional Rafael Nuñez también cuenta con una plataforma en asfalto de Trescientos Cincuenta (350) metros de ancho por Doscientos Cincuenta (250) metros de largo, lo que permite estacionar al mismo tiempo Nueve (9) aeronaves de cualquiera de los tipos anteriormente mencionados.

La pista y la plataforma se comunican entre sí, mediante tres (3) calles de rodaje igualmente en asfalto, identificadas con los nombres de Alfa (A), Bravo (B) y Charly (C).

## **1.2 DESCRIPCIÓN Y ANALISIS DEL PROBLEMA.**

El aeropuerto Internacional Rafael Nuñez está provisto actualmente de un sistema de iluminación de pista que cuenta parcialmente con los tipos de luces exigidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), los cuales son: sistema de iluminación de aproximación, luces de borde de pista, luces de umbral de pista, luces de eje de pista, luces de toma de zona de contacto, luces de eje de calles de rodaje.

Además, la plataforma de aparcar no cuenta con un nivel de iluminación, ni de uniformidad que este acorde con las normas actuales establecidas.

Entre las deficiencias que presenta el diseño actual de los sistemas de iluminación de pista y plataforma están:

- Inexistencia de sistema de iluminación de aproximación, luces de toma de zona de contacto.
- Inexistencia de las luces de eje de pista: según versiones suministradas por un piloto de la aerolínea nacional AVIANCA, estas luces se hacen más necesarias cuando en el momento de aterrizar ó despegar, principalmente, se encuentran con condiciones climáticas de poca visibilidad que se pueden presentar en la ciudad de Cartagena.
- Las luces de borde de pista existentes son obsoletas, debido a que son bidireccionales ósea, solo pueden ser divisadas por el piloto solamente en dos (2) direcciones.
- Las luces utilizadas para la iluminación de la plataforma de aparcar son obsoletas, y por lo tanto, aquellas que se encuentran fuera de servicio no pueden ser remplazadas por una de las mismas características físicas y eléctricas, debido a que éstas ya no son comercializadas en el mercado.

En general, todas las luminarias que hacen parte de los sistemas actuales de iluminación de la pista del aeropuerto, ya no son comercializadas, debido a que estos sistemas tienen más de quince (15) años de haberse instalados inicialmente.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN.**

**1.3.1 Impacto social.** La principal desventaja que actualmente presenta el Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez, en lo que a su ubicación geográfica se refiere, es que su pista se encuentra rodeada en su cabecera sur ó 3-6 (Referencia de los pilotos), por asentamientos humanos (generalmente son invasiones), el mar y la Ciénaga de la Virgen lo cual representa un peligro inminente cada vez que aterriza ó despega una aeronave; por lo tanto el principal motivo para la ejecución de este rediseño, consiste en la necesidad de dotar a la ciudad de Cartagena de Indias, de un aeropuerto que esté acorde con todas las exigencias de iluminación de seguridad impuestas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), tanto para plataformas de aparque como para pistas, principalmente. De esta manera se reduciría en forma sustancial el peligro inminente ocasionado por la desventaja anteriormente mencionada.

Es de anotar que el Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez según las normas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), se encuentra actualmente en la primera de las tres (3) categorías de clasificación para aeropuertos comerciales internacionales.

El presente diseño cumplirá con todas las especificaciones y requerimientos exigidos por el Código Eléctrico Nacional (NEC), y por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), principalmente, para esta categoría de aeropuertos. Con esto, las operaciones de aterrizaje, decolaje ó despegue y aparque de aeronaves en horas nocturnas ó con condiciones climáticas adversas, obtendrán un margen de seguridad mayor que el que actualmente presenta para tales condiciones.

**1.3.2 Impacto económico.** Con un buen sistema de iluminación de seguridad en la pista y plataforma del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez, se estará en la capacidad de realizar una mayor y más seguras operaciones nocturnas y con condiciones climáticas adversas.

Lo anterior trae consigo, un mayor beneficio económico tanto para las diferentes aerolíneas, los mismos usuarios, para la Aerocivil y para la Sociedad Aeronáutica de la Costa S.A, principalmente.

#### **1.4 SUMINISTRO DE ENERGÍA.**

El suministro de energía se hará por parte de Electrificadora de la Costa Atlántica (Electrocosta), cuyo circuito corresponde al de la subestación Chambacú, Alimentador Chambacú-09.

## **2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LAS AYUDAS VISUALES TERRESTRES**

### **2.1 INTRODUCCION**

**2.1.1 Finalidad.** El presente capítulo tiene por objeto proporcionar una idea general de la tarea del piloto al mando de una aeronave en cuanto a la utilización de las ayudas y referencias visuales y al grado en que tiene que depender de ellas mientras efectúa la aproximación, el aterrizaje y evoluciona en la superficie del aeropuerto. La información contenida en éste texto sólo se da a título informativo y no implica necesariamente la

aprobación o ratificación por la OACI de los métodos y procedimientos operacionales detallados actualmente en vigor, deberían consultarse los documentos operacionales y de formación profesional pertinentes.

## **2.2 FACTORES OPERACIONALES**

**2.2.1 Problemas del piloto.** En sus movimientos, el ser humano evoluciona en dos dimensiones. Desde el momento en que comienza a andar a gatas, interpreta las referencias visuales y utiliza su sentido del equilibrio para desplazarse sobre la superficie de la tierra. Este proceso de asimilación largo y gradual continúa hasta que, con el transcurso del tiempo, aprende a servirse de diversos tipos de medios mecánicos de transporte sobre tierra o sobre el agua, contando para aquel entonces con años de experiencia a la que puede acudir. Tan pronto como se hace al aire debe tener en cuenta una tercera dimensión, y esto significa que todos sus años de experiencia para resolver problemas bidimensionales no serán de gran utilidad.

Hay dos maneras de gobernar una aeronave en vuelo, bien por medio del piloto automático o bien manualmente. El piloto puede gobernar a la aeronave manualmente sea sirviéndose del tablero de instrumentos, cuando un sistema directo de vuelo puede efectuar algunas evaluaciones para él, o bien para gobernar por sí solo la aeronave por referencias visuales.

El último método supone, la existencia a priori de condiciones de buena visibilidad y de un horizonte bien definido, que puede ser el horizonte real o el horizonte aparente debido a los desniveles percibidos en el relieve o al detalle de la superficie terrestre.

Cuando se pilotea un avión en condiciones de vuelo visual, las tareas más difíciles son las de juzgar la aproximación a una pista y efectuar las maniobras de aterrizaje subsiguientes. Durante la aproximación, no sólo debe vigilarse cuidadosamente la velocidad, sino que también es necesario efectuar al mismo tiempo correcciones continuas en las tres dimensiones a fin de seguir la trayectoria de vuelo correcta. Esta puede definirse como la intersección de dos planos en ángulo recto, de los cuales el plano vertical contiene la prolongación del eje de la pista y el otro contiene la pendiente de aproximación.

El mantenimiento de una pendiente de aproximación precisa, sin ayuda del sistema visual del sistema indicador de pendiente de aproximación de hecho aún más difícil con la introducción del motor de reacción. Las antiguas aeronaves de hélice respondían casi instantáneamente a un aumento de la potencia; las hélices girando a mayor velocidad aceleraban la corriente de aire por encima de las alas, lo que originaba un aumento de la sustentación. El motor de reacción no sólo es más lento para responder a un aumento del reglaje del mando de gases, sino que además no tiene efecto directo en el flujo del aire sobre el ala. No se producirá ningún aumento de la sustentación hasta que se haya acelerado toda la masa de la aeronave como consecuencia de un aumento del empuje.

Es esencial que las aeronaves crucen el umbral de la pista con un margen suficiente de altura y de velocidad. A fin de efectuar una toma de contacto suave tanto la velocidad como la velocidad vertical de descenso puede reducirse simultáneamente durante la maniobra conocida por el nombre de enderezamiento en el aterrizaje, de modo que las ruedas toquen



pista justamente antes o en el mismo momento de producirse la pérdida de sustentación de las alas.

Después de la toma de contacto el piloto continúa necesitando guía direccional para mantener su aeronave sobre el eje de la pista o cerca del mismo (a velocidades de toma de contacto que a menudo exceden de los 255 km./h o 138 nudos). El piloto también necesita información a partir de la cual pueda juzgar la longitud de pista restante y, una vez que haya reducido suficientemente la velocidad de su aeronave, habrá que indicarle de ante mano una salida adecuada de la pista, y en el caso de que no disponga de iluminación de eje de calle de rodaje, debe estar bien delimitada la anchura de la calle de salida.

Una vez que haya salido de la pista, el piloto debe conducir un aparato de difícil manejo, a lo largo de un verdadero laberinto de calles de rodaje hasta llegar al puesto de estacionamiento/atraque que se le ha asignado en una plataforma la mayoría de las veces congestionada. Al piloto no sólo se le deben dar instrucciones claras sobre la ruta a seguir y advertirle que se abstenga de cruzar cualquier pista en uso, sino que también es preciso protegerle de las aeronaves y vehículos que circulan por las calles de rodaje en dirección distinta de la suya.

Si consideramos el caso más crítico, el de los reactores de gran tamaño, el piloto que efectúa el rodaje tiene que conducir uno de los triciclos más grandes, más pesados y más ineficientes desde el punto de vista de propulsión que se haya construido jamás. Sentado a una altura no inferior a 6 m por encima del nivel del suelo, el punto más próximo que puede ver el piloto se encuentra a una distancia aproximada superior a 12 m por delante de él. La

rueda de proa orientable de su aparato se encuentra a varios metros por detrás de su asiento en el puesto de pilotaje (lo cual plantea sus propios problemas especiales cuando el piloto tiene que tomar una curva), mientras que los bogies de las ruedas principales están por lo menos a 27 metros por detrás de él. El piloto no dispone, por supuesto, de “transmisión directa” para propulsar esas ruedas, sino que debe utilizar el empuje de sus reactores, que tienen un rendimiento notablemente inferior a bajas velocidades de avance. Al igual que en el caso de muchos aviones de reacción modernos de las alas en flecha (prescindiendo de su tamaño), le resulta a menudo imposible ver los extremos de las alas desde el puesto de pilotaje.

### **2.3 LAS CUATROS “C”**

Hay cuatro elementos principales que engloban las características del sistema completo de iluminación de aeropuerto tal como se ha ido perfeccionando gracias a los programas de investigación y desarrollo así como a la experiencia práctica adquirida durante un largo período.

Dichos elementos son: configuración, color, candela y cobertura. La configuración y el color proporcionan información esencial para la orientación dinámica en tres dimensiones.

La configuración proporciona información de guía y el color informa al piloto de su emplazamiento en el seno del sistema. Las candelas y la cobertura se refieren a las características de la luz, que son absolutamente esenciales para el proceso correcto de diferenciación de la configuración y del color. Un piloto competente estará bien familiarizado con los sistemas de configuración y color y también estará enterado de los cambios en las candelas que aumentan o disminuyen la intensidad luminosa. Para todos los sistemas de iluminación de aeropuerto, comprendidos desde los grandes aeropuertos internacionales hasta los campos de aviación utilizados por aeronaves pequeñas, rigen con grandes variaciones los referidos cuatro elementos.

**2.3.1 Configuración.** Esta característica se refiere al emplazamiento de los componentes y al espaciado de las luces y señales dentro del sistema. Las luces están dispuestas en filas longitudinales y transversales con respecto al eje de la pista, mientras que las señales pintadas en la pista están únicamente alineadas longitudinalmente con el eje de la pista. (La iluminación visual de una pista, que aparece más corta al verse las señales transversales a ángulos de aproximación, hace que sea más impracticable su utilización.)

El espaciado de los dispositivos de fijación de las luces varía esencialmente atendiendo a si las luces están dispuestas en el sentido longitudinal o transversal. Es evidente que la vista en perspectiva de los sistemas de ayudas visuales para el piloto hace que las luces muy espaciadas en una fila longitudinal produzcan un “efecto lineal”. En cambio, para lograr un “efecto lineal” con las luces dispuestas en fila transversal, es preciso que el espacio entre las luces sea pequeño. Otro factor que influye en el espaciado de las luces lo constituyen las condiciones de visibilidad durante la utilización del sistema de guía visual. Cuando las

operaciones se realizan en condiciones de visibilidad mas reducida, se requieren espacios menores, especialmente en las líneas longitudinales, con objeto de proporcionar referencias visuales dentro del campo visual restringido.

El emplazamiento de las luces de borde de pista, de umbral y de extremo de pista nunca han planteado problemas, ya que su propia designación implica su emplazamiento. Sin embargo, el emplazamiento de las luces de umbral ha sido un tanto complicado debido a consideraciones relativas a umbrales desplazados. El perfeccionamiento de nuevos dispositivos de fijación de luces semiempotrados, ha resuelto este problema y ahora es posible instalar iluminación de umbral desplazado de pista conforme a una configuración normalizada en el pavimento de la pista propiamente dicha. El espaciado de las luces utilizadas para la iluminación de los bordes de la pista, han variado muy poco desde que se comenzaron a iluminar las pistas, debido a que la guía visual principal, en condiciones de visibilidad reducida, se proporciona en vez de por luces de borde de la pista por los nuevos sistemas, recientemente perfeccionados, de iluminación de eje de pista y de zona de toma de contacto.

Aún cuando el perfeccionamiento de la iluminación de pista se ha efectuado sin muchas complicaciones, la investigación y mejora de las luces de aproximación ha dado lugar, en diversos estados, a diferencias importantes con respecto al emplazamiento y espaciado de los sistemas. Durante el estudio de las operaciones en pista para aproximaciones de precisión de Categoría II, se convino en que era necesaria una configuración normalizada en una longitud del sistema no inferior a 300 m antes del umbral. Gracias a un programa llevado a cabo en colaboración por estados de la OACI se ha alcanzado este objetivo.

**2.3.2 Color.** La función de las señales luminosas de color consiste en identificar los diferentes sistemas de iluminación del aeródromo, transmitir instrucciones o información, y hacer que resalten más las distintas secciones del aeródromo. Así pues, las luces de borde de pista son blancas y las luces de borde de calle de rodaje son azules; las señales rojas, blancas y verdes del proyecto de señales sirven para transmitir instrucciones al tránsito en tierra y en el aire; y las luces rojas de indicación de obstáculos se ven mejor sobre un fondo de luces blancas que las luces de otros colores. Además, el color rojo sirve también para advertir un peligro.

Si bien es posible distinguir muchos colores cuando las superficies coloreadas son lo suficientemente grandes para percibir las como una superficie, sólo pueden identificarse cuatro señales luminosas de colores distintos cuando las luces se ven aisladamente en forma de fuentes “puntiformes”.

Con una selección adecuada de los límites de color, pueden reconocerse del color rojo, blanco o amarillo, verde y azul. Es posible distinguir el blanco del amarillo únicamente:

- a. Si las luces de los dos colores se muestran simultáneamente en partes adyacentes del mismo sistema de señales; o
- b. Si el color blanco y amarillo se muestran como fases sucesivas de la misma señal (por ejemplo, los destellos alternos blancos y amarillo del faro de un hidroaerodromo); o

- c. Si la luz tiene una dimensión apreciable que impide percibirla como una fuente puntiforme.

De manera parecida, una señal VASIS rosa puede reconocerse por cuanto la otra señal es roja o blanca. Debido a la limitación impuesta por los colores identificables, los colores tienen más de un significado, y el emplazamiento y la configuración de las luces de colores permiten efectuar la diferenciación que se precise de su significado. Así, el color verde se utiliza para las luces de umbral, para las luces de eje de calle de rodaje y como señal de “siga” emitida por el proyector de señales, al igual que para las luces de control de tránsito. Cuando se instalen sistemas de iluminación de aeródromo deben tenerse en cuenta las luces de navegación y anticollisión de las aeronaves, ya que las luces de las aeronaves podrían originar problemas de identificación al confundirse aquellas con algunas de las ayudas luminosas en tierra.

Las luces de color se suelen obtener utilizando una fuente incandescente de tungsteno conjuntamente con un filtro luminoso apropiado. Este filtro es corrientemente de vidrio y puede ser una pieza adicional colocada sobre un dispositivo luminoso, el cual, de no utilizarse ese filtro daría una señal de color blanco, o bien puede ser parte integrante del sistema óptico del dispositivo. En cualquiera de los dos casos, el filtro actúa de modo que suprime la luz de longitudes de onda no deseada, sin que agregue luz de la longitud de onda deseada. Además, alguna cantidad de luz de la longitud de onda deseada, queda eliminada.

Por lo tanto, la intensidad de un dispositivo que emite luz de color, es inferior a la de un dispositivo proyectado para emitir luz blanca. Con relación a la posible intensidad de una

señal blanca, las intensidades de las señales de color suelen equivaler aproximadamente a los porcentajes siguientes: 40% para el amarillo, 20% para el rojo y el verde y 2% para el azul.

Sin embargo, debería observarse que puesto que el umbral de iluminancia en el caso de la luz roja es aproximadamente igual a la mitad del umbral de iluminación del correspondiente a la luz blanca, la intensidad eficaz de una luz roja producida adicionando un filtro rojo a un dispositivo que emite una luz blanca es superior al valor expresado por el porcentaje indicado antes. Por ejemplo, la adición de un filtro rojo con un factor de transmitancia del 20% reduce la intensidad eficaz a un 40% aproximadamente a la intensidad de una luz blanca en vez del 20%.

**2.3.3 Candelas.** La iluminación producida por una luz medida en el ojo del observador que determinará si la luz será vista. La iluminación producida a una distancia  $V$  por una fuente de luz de intensidad  $I$ , medida en candelas, en una atmósfera que tenga una transmisibilidad (transmitancia por unidad de distancia)  $T$  viene dada por la ley de Allard:

$$E = I T V/V^2$$

Cuando la iluminación es igual a  $E_c$ , que es la iluminancia mínima perceptible, la luz es justamente visible y  $V$  es igual al alcance visual de la luz. Los valores correspondientes a la iluminancia mínima perceptible que se utilizan para determinar el alcance visual son:

Cuadro 1. Umbral de iluminación

Umbral de iluminación		
	(lux)	Candelas - km
Noche	$8 \times 10^{-7}$	0.8
Valor intermedio	$10^{-5}$	10
Día normal	$10^{-4}$	100
Día luminoso (niebla con el sol)	$10^{-3}$	1000

Fuente: Manual de proyecto de aeródromos, parte 4, ayudas visuales.

- ♦ La relación entre la transmisividad, T, la distancia V, y la relación intensidad a iluminancia, I/E, se ilustra en la figura 1. Las intensidades de las luces utilizadas en la iluminación del aeródromo oscilan entre 10 y 2000000 candelas. La transmisividad de la atmósfera sufre considerables variaciones, fluctuando entre más de 0.95 por kilómetro en tiempo muy despejado a menos de  $10^{-50}$  en condiciones de niebla densa.

Según se desprende de la figura 1, una luz de intensidad relativamente baja, es visible a gran distancia en condiciones de tiempo despejado. Considérese, por ejemplo, las condiciones nocturnas en las cuales la transmisibilidad es igual a 0.90 por kilometro. Por consiguiente, en el caso de una luz cuya intensidad fuese de 90 candelas, I/E sería de 80/0, 8 o 100, y el alcance visual sería de unos 7 km. Sin embargo, en presencia de niebla se acusa el efecto de la ley del rendimiento decreciente a distancias relativamente cortas. Por ejemplo, si la transmitancia fuese de  $10^{-20}$  por kilómetro (niebla densa), una luz con una intensidad de 80 candelas sería visible a unos 0.17 km, y una luz con una intensidad de 80000 candelas no sería visible a mas de 0.3 km aproximadamente. Por lo tanto, a menudo resulta imposible hacer que las luces de borde de pista proporcionen guía suficiente en



condiciones de Categoría II y III aun cuando se aumente la intensidad de las luces que fueron proyectadas para ser utilizadas con tiempo más despejado. Por lo tanto, al sistema de iluminación de pista se agregaron luces de zona de toma de contacto y de eje de pista de espaciado reducido con objeto de que fuesen menores las distancias a las cuales es preciso que sean visibles las luces.

Otro efecto de la atmósfera que debe tenerse presente, consiste en el aspecto tan distinto que la transmitancia atmosférica da a las luces, por ejemplo, una luz de 80000 candelas que sería justamente visible a 0.3 km cuando la transmisibilidad fuese de  $10^{-20}$  por kilometro produciría una iluminancia un millón de veces superior a la que se precisaría para ser apenas visible en una atmósfera con aire completamente despejado. En este caso sería mejor reducir la intensidad de la luz. Sin embargo, aun cuando la intensidad se redujera a 0.1% de su valor máximo, la intensidad de ésta sería aun mucho mayor de lo deseado. Por lo tanto, si bien es necesaria la atenuación de las luces de alta intensidad y de las luces de pista, el procedimiento no puede contrarrestar completamente los efectos de las variaciones de la transmitancia atmosférica. Ver figura 1.

**2.3.4 Cobertura.** Las primeras luces terrestres aeronáuticas sólo eran lámparas simples o lámparas simples con cubiertas de vidrio transparente. La luz emitida tenía, esencialmente, la misma intensidad en todas las direcciones. A medida que se dejó sentir la necesidad de disponer de mayores intensidades, comenzaron a instalarse luces dotadas de reflectores, lentes o primas.

Reorientando los haces luminosos de modo que se concentrasen en las direcciones que debían iluminarse, fue posible aumentar la intensidad en direcciones sin que fuese necesario aumentar el consumo de energía. Además se redujo el deslumbramiento molesto causado por las lámparas cercanas orientando parte de la luz emitida en las direcciones en que las cuales sólo sería visible a distancias cortas hacia direcciones en que la luz fuese visible a mayores distancias en condiciones de mejor visibilidad. Cuanto más estrecha sea la abertura del haz luminoso producido por el dispositivo óptico, mayor será la intensidad de la luz dentro del haz.

Es teóricamente posible proyectar un dispositivo óptico tal que, en el caso de una línea de aproximación fija o de una transmisibilidad atmosférica dada, la intensidad máxima del haz luminoso se dirija hacia el punto en el cual la luz se verá por primera vez. A medida que se disminuye la distancia entre la aeronave y la luz, disminuye la intensidad en la dirección de la aeronave, de modo que el brillo de la luz permanece constante. (Se excluyen las trayectorias orientadas directamente hacia la luz.) Así pues, es posible proyectar un faro de modo que, para una transmisibilidad atmosférica dada, los destellos tengan un brillo constante cuando se ven desde una aeronave que vuele hacia el faro a una altura fija por encima del mismo. Un proyecto de éste tipo reduce al mínimo la cantidad de energía necesaria para obtener el alcance visual deseado. Sin embargo, las aeronaves no siguen una sola trayectoria ni vuelan en las mismas condiciones de visibilidad. Por ello, es necesario proyectar la configuración de los haces de las luces aeronáuticas terrestres de modo que abarque una gama de trayectorias y transmisibilidades atmosféricas.

Conviene observar que cuando las exigencias de operación varían, para poder conseguir la performance máxima es generalmente necesario diseñar de nuevo el haz de luz. Por ejemplo, con el advenimiento de las aeronaves de reacción, se hizo necesario conseguir que los faros aeronáuticos abarcasen altitudes de más de 9 000 m. No era suficiente elevar simplemente el haz del faro, ya que este habría disminuido considerablemente la cobertura a las altitudes que vuelan las aeronaves pequeñas de hélice, tal cual indica la figura 2, curvas “a” y “b”. En vez de esto, a base de modificar el diseño de la lámpara, el abanico del haz vertical del faro se aumentó para proporcionar la cobertura indicada de la curva “c”.

De igual modo, es necesario modificar el abanico del haz de luces de aproximación y de pista previstas para las operaciones de la Categoría I, con el objeto de conseguir también la cobertura deseada para la Categoría II, y especialmente para la Categoría III.

## **2.4 EL ELEMENTO HUMANO EN EL EMPLEO DE LAS AYUDAS VISUALES TERRESTRES**

Son muchos los factores que determinan de qué manera reaccionan efectivamente los pilotos a las ayudas visuales, al captarlas, comprenderlas y al actuar a base de los elementos de orientación e información que perciben al hacer la aproximación. Si bien no sería posible examinar la causa y efecto de todas las dificultades concomitantes, los aspectos que siguen conciernen a quienes se ocupan de los proyectos de sistemas y de la

“sugestión visual” dentro del ambiente, así como de la posibilidad de error del piloto al hacer éste las aproximaciones y aterrizajes.

### Normalización de sistemas

El piloto siempre ve en perspectiva el sistema de iluminación de aproximación y de pista, nunca de planta, y solo en las mejores condiciones meteorológicas tendrá una vista completa del sistema. Frecuentemente, ha de interpretar la guía proporcionada por un “segmento visual móvil” luminoso que se desplaza hacia la parte inferior de su parabrisas a medida que avanza a lo largo de la trayectoria de aproximación. La longitud de este segmento variará según la altura de la aeronave y el alcance visual oblicuo desde el puesto de pilotaje. Véase figura3. La información que el piloto puede adquirir de un tramo relativamente corto de la configuración luminosa de aproximación es excesivamente limitada cuando percibe esta configuración a una velocidad elevada en condiciones de visibilidad reducida. Habida cuenta de que el piloto sólo dispone de pocos segundos para ver las ayudas visuales y reaccionar en condiciones de visibilidad reducida, es de suma importancia que la configuración de luces sea, además de simple normalizada.

### Diferencias individuales

La agudeza visual y la sensibilidad frente al deslumbramiento varían según los pilotos y en parte depende de la edad, grado de fatiga y la adaptación a los niveles de luz utilizados.

Además, las aptitudes, reacciones y respuestas de un mismo piloto variarán con arreglo a sus condiciones en el momento de que se trate. Asimismo, el sistema de guía visual debe poder atender por igual a los pilotos con menos experiencia, así como a los pilotos medios y a los pilotos cuyo nivel de competencia es superior a la media.

### Factores que intervienen en la función visual

Hay dos factores importantes que deben tomarse en consideración con objeto de proporcionar siempre al piloto la mejor guía visual. En primer lugar, es esencial que el reglaje de la intensidad se adapte bien a las condiciones del medio ambiente. En segundo lugar, las intensidades de cada una de las diversas secciones que forman el conjunto del sistema deben adaptarse bien entre sí, particularmente cuando se utiliza el color. Estos dos factores garantizan que el piloto no deje de darse cuenta de una referencia esencial, tal como las luces verdes de umbral, si la intensidad es demasiado débil ni tampoco que se deslumbren algunas luces que sean demasiado brillantes para las condiciones existentes en el momento de que se trate.

Obedece a dos razones que los sistemas de iluminación de aproximación y de pista tengan distribuciones que hagan resaltar el eje de pista. La primera razón es evidente, puesto que el aterrizaje debería efectuarse idealmente a lo largo del eje de la pista. La segunda razón es que la fovea del ojo, la región de visión aguda, corresponde a un ángulo de sólo  $1.5^\circ$  aproximadamente.

Los estudios han demostrado que el tiempo medio que requiere un piloto para desplazar su mirada de las referencias visuales exteriores a los instrumentos y para dirigirla nuevamente a las referencias exteriores es de unos 2.5 segundos. Si se tiene en cuenta que las aeronaves de gran performance recorrerán unos 150 m durante ese intervalo de tiempo, es evidente que, en la medida de lo posible, las ayudas visuales deberían proporcionar la máxima guía así como la mayor información posible que permite que el piloto no tenga que consultar sus instrumentos para fines de verificación. Otros miembros de la tripulación se encargan de anunciar la información crítica proporcionada por los instrumentos, lo cual constituye un procedimiento apropiado para reforzar la seguridad de las operaciones en condiciones de visibilidad reducida.

### Grado de actividad visual

Es considerable la aptitud del piloto para tratar los datos si se satisfacen ciertas condiciones, particularmente cuando la situación se desarrolla de acuerdo con las previsiones y las referencias sucesivas confirman lo que ha precedido. En este caso, el piloto puede examinar un esquema de datos que evoluciona rápidamente, puede aprovechar su capacidad para apreciar la situación y ejecutar una serie de respuestas apropiadas, ajustadas con precisión en el tiempo y atendiendo a su importancia. La aptitud del piloto para tratar la información puede malograrse cuando los datos de entrada no coincidan con las previsiones y sean ambiguos o tengan un carácter transitorio. En este caso, el piloto puede verse comprometido a ejecutar un procedimiento de aproximación, cuando en realidad, las condiciones exigen que interrumpa su aproximación. Ver figura 2 y 3

Las consideraciones anteriores indican que es sumamente importante asegurarse de que el sistema de guía visual funcione como sistema. Los elementos que lo componen deben estar equilibrados desde el punto de vista de la intensidad y espaciado, de modo que se garantice que el piloto vea una configuración que pueda reconocer como el sistema normal que espera ver en vez de una masa de elementos sin coordinación en la que algunos neutralizan la percepción de otros. Como se consigue reducir el grado de actividad visual es mediante la normalización, equilibrio e integridad de elemento. Un sistema incompleto en el que falten muchos proyectores para darle la impresión al piloto de que se trata de sistemas separados, habida cuenta de la posición de sus ojos, cuya visión queda limitada por los ángulos de ocultamiento y por la posible limitación de la visibilidad debido a la presencia de bancos de niebla o a otras condiciones. Es posible quedar momentáneamente desorientado cuando el piloto traslada su vista del tablero de instrumentos a un sistema incompleto o visualmente desequilibrado.

### Ilusiones visuales durante la aproximación para el aterrizaje

Los pilotos tienen que hacer frente a problemas visuales complejos cuando efectúan la aproximación a una pista que no proporciona guía sirviéndose de ayudas visuales o no visuales en la dirección del ángulo correcto de pendiente de aproximación. Algunos de estos problemas se clasifican correctamente en la categoría de ilusiones visuales, si bien, en vez de referencias falsas o que pueden inducir a error, lo que en realidad ocurre es que no hay una ausencia o son pocas las referencias visuales para facilitar que el piloto aprecie la altura/distancia. Al examinar los problemas de aproximación visual, se ha supuesto que no hay ayudas visuales/no visuales o que, si las hay, no se utilizan para guiar al piloto a lo largo de la pendiente de aproximación a la pista.

### Problemas relacionados con el terreno

Durante el día se plantean problemas de apreciación de la altura/distancia al aproximarse a pistas al sobrevolar grandes superficies de agua, terreno desprovisto de características distintivas (incluidos los terrenos cubiertos de nieve), y los terrenos situados a una altitud inferior a la de la pista, como, por ejemplo, valles profundos, aeropuertos construidos en cimas de montañas, vertientes abruptas, etc. En estos casos, la falta o el número limitado de referencias visuales normales, complica las apreciaciones de la altura/distancia. Por esta misma razón, resulta difícil juzgar la altura/distancia en noches oscuras, durante las cuales el área de aproximación y sus proximidades están insuficientemente iluminadas por fuentes

luminosas ajenas a la aeronave. Sin embargo, la iluminación por fuentes ajenas, valles profundos, vertientes abruptas, etc., puede complicar el proceso de toma de decisiones por cuanto los pilotos pueden creer que la aeronave se encuentra a demasiada altura, cuando en realidad está en la pendiente de aproximación correcta hacia la pista. Es probable que la ejecución de una maniobra de compensación reduzca el ángulo de pendiente de aproximación con respecto a la pista.

Los despegues sobre grandes extensiones de agua o terreno árido en condiciones de bruma, incluso durante las horas diurnas, pueden resultar peligrosos para los pilotos que no puedan volar por referencia a los instrumentos de vuelo. Este problema es aun más agudo en el caso de estos pilotos si las referencias visuales no pueden verse después del despegue sin que los pilotos tengan que girar mucho la cabeza para establecer referencias visuales con el terreno. Si se inclina la cabeza cuando la aeronave está virando, ello provoca desorientación, conocida como vértigo, y éste va frecuentemente acompañado de náuseas.

Es necesario referirse a los instrumentos de vuelo para superar el vértigo; por ello, si los pilotos no están habilitados para el vuelo por instrumentos, puede haber consecuencias peligrosas.

Los pilotos experimentados llevan en la mente una imagen -"ideal" en perspectiva de la pista; consecuentemente, las pistas con pendientes ascendentes tendrán tendencia a hacer que los pilotos se aproximen por debajo de los ángulos normales de pendiente de aproximación y de las pistas que tienen pendientes descendentes tenderán a hacer que los pilotos se aproximen por encima del ángulo normal de pendiente de aproximación.



Teniendo en cuenta que la pendiente media longitudinal de la pista no deberá exceder del 2% (del 1% cuando el número de clave es 3 o 4) el error aportado no crearía, normalmente, un problema grave. Sin embargo, puede verse que las condiciones generales del área pueden combinarse para disminuir o aumentar el efecto total.

Los pilotos que no estén familiarizados con las técnicas de vuelo relacionadas con el terreno montañoso, pueden utilizar ángulos de aproximación inferiores al normal cuando aterrizan en pistas que están orientadas hacia elevaciones montañosas. Esto se debe a que el horizonte aparente está por encima del horizonte verdadero, lo que da lugar a un juicio erróneo en cuanto a la relación correcta entre el punto de pista donde se pretende hacer toma de contacto y el horizonte verdadero. Si la aproximación se realiza durante la noche, sobre terreno no iluminado, es mayor el peligro de que se efectúe un aterrizaje demasiado corto.

#### Problemas relacionados con la iluminación de aproximación y pista

Teniendo en cuenta que las luces brillantes parecen estar más próximas que las que tienen menos brillo o en las que éste ha sido reducido, el mantenimiento de una intensidad razonable equilibrada de las luces de aproximación y de pista desempeña un papel importante al juzgar la altura/distancia durante la aproximación. Al considerar que los problemas conexos por la percepción ilusoria, este factor es de la mayor importancia cuando la visibilidad permite que los pilotos vean tanto los sistemas de luces de aproximación como de iluminación de pista durante la aproximación. Dado que la

disposición de las luces de aproximación no permite una referencia visual para juzgar la altura/distancia, tan buena como la que permite la configuración de luces de pista, las luces de aproximación brillantes combinadas con las luces de brillo reducido de la pista plantean al piloto un problema más grave que el que constituiría el caso inverso. Las luces de aproximación más brillantes atraen la atención del piloto, y debido a que las luces más brillantes dominan la escena y también apantallan las luces de pista, más distantes, las referencias para determinar la altura/distancia se ven degradadas.

Si las luces situadas en un borde de pista son más brillantes que las del otro borde, los pilotos tenderán a inclinar lateralmente la aeronave apartándose del borde más brillante en un esfuerzo para equilibrar las intensidades. Normalmente, los dos bordes de la iluminación de pista permiten buen equilibrio, pero cuando en uno de los bordes se produce una descarga de energía eléctrica debido a una conexión accidental a tierra, las luces de éste tendrán menos brillo que las del otro borde, situación que también puede presentarse cuando se aparta o sopla nieve (no hay vientos cruzados) y la nieve se acumula a lo largo de uno de los bordes de pista.

Es conveniente que los pilotos utilicen pistas que dispongan de un espaciado uniforme entre las filas de luces de borde de pista, de zona de toma de contacto, y de luces de eje así como entre las luces individuales del sistema. Se sabe que algunos pilotos inician el enderezamiento cuando las filas de luces comienzan a fusionarse o adoptan una cierta apariencia lineal.

Cuando se desciende hacia un terreno cubierto de niebla en superficie, en capas delgadas, puede resultar bastante peligroso por cuanto los haces luminosos de los sistemas de luces de aproximación y de iluminación de pista, que son visibles a través de la niebla mientras se realiza el descenso de aproximación, decrecen rápidamente en su alcance o desaparecen completamente cuando la aeronave se aproxima y penetra en la parte superior de la capa de niebla. En condiciones de niebla de superficie, las referencias luminosas no son visibles a baja altura y los pilotos que vuelen estrictamente por referencia visual, entre el momento que son visibles las referencias visuales y el que ya no es posible percibir las, pueden recibir la falsa impresión de que la aeronave está subiendo en vez de descender. Si se reacciona a la impresión de que la aeronave asciende, aumentando aún más la velocidad vertical de descenso cuando se está a baja altura sin ayuda de referencias visuales; o que en el mejor de los casos sirviéndose de referencias visuales limitadas, esto hará que la aeronave choque con el terreno o la pista a una elevada velocidad de descenso.

#### Problemas relacionados con las dimensiones de pista y contraste

Las pistas de diversas anchuras y longitudes pueden hacer que los pilotos juzguen erróneamente el ángulo de la pendiente de aproximación por cuanto las pistas anchas y largas parecerán estar más próximas que las pistas estrechas y cortas. Los pilotos de aeronaves de gran tamaño llegan y salen, normalmente, de aeropuertos que presentan imágenes en perspectivas razonablemente uniformes. Es posible que los pilotos de aeronaves pequeñas utilicen pistas de anchura y longitudes que varíen considerablemente; por lo tanto, el piloto de una aeronave pequeña es el que, normalmente, se ve más frecuentemente expuesto a problemas durante la aproximación y el aterrizaje en relación

con la configuración de pista, y tenderá a utilizar ángulos de pendiente de aproximación inferiores a los normales en los aterrizajes en pistas de gran tamaño.

Cuando una aeronave en aproximación vuela en dirección al sol en días claros, ello puede involucrar problemas visuales extremadamente difíciles. En ciertas condiciones, el resplandor entorpece la visión hasta el punto de que resulta difícil la localización de la pista y cuando ello se logra, resulta difícil observarla durante la aproximación. Además del problema de deslumbramiento, el contraste de la pista queda modificado (normalmente atenuado) por ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la pista lo que hace que se vea a "contraluz" todo cuanto se halla en torno al pavimento y reduce también el contraste de las señales de pista.

Del mismo modo que los pilotos que se aproximan a una pista se ven atraídos por las luces más brillantes, éstos también se ven atraídos por los pavimentos que tienen un mayor contraste con el terreno que los rodea. Así, se ha dado el caso de aeronaves que han aterrizado en calles de rodaje, y han seguido consentrandose en ella durante la aproximación y el aterrizaje.

#### Problemas relacionados con la experiencia

Los cambios en las referencias visuales conocidas respecto a las cuales se suele estar acostumbrado pueden dar lugar a problemas de percepción ilusoria. Los pilotos habituados a sobrevolar arboles de gran tamaño pueden aproximarse a las pistas con ángulos inferiores a los normales cuando sobrevuelan "monte bajo" que parezcan ser de la misma variedad que los arboles de mas altura. Los pilotos que vuelan mayormente sobre terreno plano,

pueden tener dificultades para juzgar la aproximación a una pista emplazada en terreno ondulado o montañoso.

Otro ejemplo sería el de los pilotos acostumbrados a sobrevolar zonas con gran densidad de construcciones y que deben aterrizar en pistas situadas en zonas despejadas desprovistas de objetos verticales elevados construidos o naturales.

### Problemas relacionados con la aeronave

Por supuesto, los pilotos podrán hacer el mejor uso de las referencias y ayudas visuales en tierra cuando los parabrisas de la aeronave están limpios y exentos de precipitación. Los parabrisas mojados por la lluvia pueden provocar ondas y manchas que distorsionan la visión. Las configuraciones geométricas de las ayudas visuales en tierra pueden extinguirse, con lo cual resulta difícil, si no imposible, interpretar debidamente el significado de las ayudas visuales. Hay pruebas de que con la presencia de lluvia en los parabrisas, los objetos parecen estar a una altura inferior a la real, ilusión que puede hacer que los pilotos utilicen ángulos de pendiente de aproximación a las pistas inferiores a las normales. Por esta razón, los pilotos deberían utilizar, en la medida de lo posible, los sistemas de limpiaparabrisas (escobillas limpiadoras, eliminación neumática de la lluvia, repelentes químicos del agua) al efectuar una aproximación para aterrizar en condiciones de lluvia densa.

## **2.5 REQUISITOS OPERACIONALES**

**2.5.1 Generalidades.** Los requisitos operacionales que deben satisfacer las ayudas visuales varían de acuerdo con el tipo de aeronave utilizada, las condiciones meteorológicas

en el punto de destino, el tipo de radioayuda para la navegación utilizada para la aproximación, las características físicas de la pista o de calle de rodaje, y de la disponibilidad de información de aterrizaje sirviéndose de radiocomunicaciones.

**2.5.2 Aeropuertos pequeños.** Es frecuente que los aeropuertos proyectados para uso de aeronaves monomotoras y bimotoras pequeñas, con un peso inferior a 5700 kg, no dispongan de ayudas para la aproximación por instrumentos o de instalación para el control del tránsito aéreo.

Por lo tanto, las ayudas visuales terrestres en muchos aeropuertos pequeños deben satisfacer todas las necesidades operacionales de los pilotos.

Es posible que algunos de estos aeropuertos no dispongan de pistas con superficie pavimentada, situación que agrava el problema de proporcionar a los pilotos las ayudas visuales apropiadas.

Los requisitos operacionales enumerados en el orden que normalmente se presenta a los pilotos, son los siguientes:

- a. Ubicación del aeropuerto.
- b. Identificación del aeropuerto.
- c. Información para el aterrizaje:

- Dirección y velocidad del viento.
- Designación de la pista.
- Estado de la pista - cerrada o habilitada.
- Designación de las pistas por orden de preferencia. (Normalmente para fines de atenuación del ruido, siempre que la dirección y velocidad del viento permitan el uso de las pistas.)

d. Guía para el vuelo en circuito.

e. Guía de aproximación final para la toma de contacto:

- Indicación de borde de pista y de umbral.
- Guía de pendiente de aproximación.
- Guía para el punto de referencia visual.
- Indicación del eje de la pista. (Nota: No es posible indicar el eje de la pista en el caso de pistas sin pavimento. Esas pistas se usan, normalmente, sólo en condiciones de buena visibilidad. Por lo tanto, la indicación del eje no es tan importante como cuando se trata de aeropuertos donde se autorizan las operaciones en condiciones de visibilidad reducida conjuntamente con la utilización de una ayuda para la aproximación por instrumentos.)

f. Guía para el recorrido en tierra.

- Indicación de eje de pista.
- Indicación de borde de pista.
- Ubicación de la salida hacia la calle de rodaje.
- Indicación de extremo de pista.

g. Guía para el rodaje.

- Indicación de borde y/o eje de calle de rodaje.
- Señalización (letreros de emplazamiento y de encaminamiento) hacia las zonas de estacionamiento y servicio.
- Señalización (letreros de emplazamiento y de encaminamiento) hacia la pista de salida.

h. Información para el despegue.

i. Guía para el despeje.

- Indicación de eje de pista.
- Indicación de borde de pista.
- Indicación de extremo de pista.

**2.5.3 Aeropuertos importantes.** Los aeropuertos importantes disponen, normalmente, de radioayudas para la navegación y de instalaciones para el control del tránsito aéreo que se



sirven de radiocomunicaciones. Cuando estos aeropuertos se usan en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC) sin tener que recurrir a estas ayudas, las características de las ayudas visuales terrestres son iguales que las que se han indicado para los aeropuertos pequeños. Además, los aeropuertos importantes disponen de sistemas para guiar a las aeronaves hacia las plataformas de estacionamiento así como de sistemas de guía visual para el atraque en los terminales equipados con pasarelas telescópicas para el desembarque de pasajeros. También es necesario disponer de iluminación de plataformas para facilitar el estacionamiento de aeronaves y proteger a los pasajeros que se trasladan de las aeronaves a los edificios terminales y viceversa.

Cuando las condiciones meteorológicas son inferiores a las VMC, las ayudas visuales terrestres desempeñan un papel más vital para la seguridad de las operaciones de vuelo. Los vuelos que se realizan en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (IMC) imponen la utilización de ayudas visuales complementarias a las enumeradas anteriormente con respecto a los aeropuertos pequeños. Los requisitos operacionales complementarios siguientes interesan a las cuatro categorías de pistas para aproximaciones por instrumentos.

#### Pista para aproximaciones que no sean de precisión

- a. Guía para la aproximación final a la zona de toma de contacto.
  - Guía para la alineación con el eje de la pista a una distancia no inferior a 420 m antes del umbral.
  - Una indicación de distancia a 300 m antes del umbral.

## Pista para aproximaciones de precisión - Categoría II

a. Guía para la aproximación final a la zona de contacto.

- Guía para la alineación con el eje de la pista sobre una distancia de 900 m antes del umbral.
- Indicaciones de distancia a 300 m y a 150 m antes del umbral.
- Guía para la alineación en la zona de contacto sobre una distancia de 300 m antes del umbral.
- Guía en la zona de toma de contacto.

b. Guía para el recorrido en tierra.

- Información sobre la distancia en pista que queda por recorrer.

c. Guía para el rodaje.

- Guía hacia la salida que conduce a la calle de rodaje.
- Indicación del eje de calle de rodaje con claves de cambio de dirección.

### Pista para aproximaciones de precisión - Categoría III

Los requisitos operacionales relativos a ayudas visuales en condiciones meteorológicas de Categorías III son, desde el punto de vista de la configuración para la aproximación y el aterrizaje, iguales a los que se especifican para las condiciones meteorológicas de Categoría II.

Las características fotométricas de los dispositivos luminosos adecuados para las operaciones de Categoría I y II requieren modificación para proporcionar una cobertura vertical aumentada, especialmente por lo que se refiere a las aeronaves en que es grande la distancia vertical entre el ojo del piloto y las ruedas.

Aunque los pilotos que operan en condiciones meteorológicas de Categoría III disponen de las mismas ayudas visuales que se utilizan en condiciones de Categoría II, las posibilidades de que el sistema proporcione guía visual disminuyen en proporción con el grado de empeoramiento de las condiciones meteorológicas durante la aproximación. Normalmente, en condiciones de visibilidades más elevadas correspondientes a la Categoría IIIA, la guía visual se proporciona mediante el sistema de luces de aproximación, lo que permite al piloto juzgar la trayectoria de vuelo en relación con su alineación con el eje. En condiciones de visibilidades tan reducidas no es posible juzgar la pendiente de aproximación sirviéndose de las ayudas visuales.

Al operar en la superficie en condiciones meteorológicas de Categoría III en aeropuertos importantes, es preciso contar con señales visuales adicionales para que las aeronaves se mantengan separadas entre sí. Dos ejemplos de estas señales son las barras de parada y las barras de cruce.

## **2.6 UTILIDAD DE LAS AYUDAS VISUALES Y REFERENCIAS VISUALES PARA LOS PILOTOS**

**2.6.1 Generalidades.** El establecimiento y mantenimiento de una orientación tridimensional dinámica respecto a la pista durante la aproximación y el aterrizaje constituyen tareas de pilotaje complejas y difíciles particularmente en condiciones de visibilidad limitada (IMC). Una vez en tierra, la aeronave que efectúa el rodaje en condiciones de visibilidad reducida tiene que depender continuamente de las ayudas visuales hasta que llega al punto de atraque.

### Sistema de referencia

Se puede apreciar la importancia de esta relación entre el piloto y su aparato en los casos de vuelo visual, observando a un piloto que se sienta para hacerse cargo de los mandos de su aeronave.

Raramente se siente satisfecho de la forma en que ha colocado verticalmente el asiento que ha ocupado el piloto que le ha precedido. Después de avanzar su asiento para sentarse cómodo ante los mandos de vuelo, suele aflojar el dispositivo de fijación vertical del

asiento, mira al exterior por encima de la proa de la aeronave manteniendo derechos su tronco y cabeza, luego ajusta la posición vertical de su asiento hasta que le parece que sus ojos se encuentran en el punto "óptimo" con respecto al borde inferior del parabrisas y el horizonte que constituyen su sistema de referencia para el vuelo visual. Algunos pilotos ajustan la posición de los ojos sobre un punto relativamente elevado; otros prefieren un punto más bajo. Por su experiencia anterior de vuelo, cada piloto intuye que punto "debería" tomar como base para ajustar la posición de sus propios ojos. La posición de sus ojos le ayuda a juzgar el ángulo de su aeronave respecto a las ayudas visuales a medida que se aproxima la pista, siendo el ángulo más importante el que forma la intersección de la trayectoria de vuelo de su aeronave con el terreno, es decir, el punto donde intenta hacer la toma de contacto. La posición de los ojos del piloto también determina el ángulo del campo de visión del piloto, que comúnmente se denomina ángulo de ocultamiento del puesto de pilotaje. La parte inferior del parabrisas también se utiliza para establecer y mantener el vuelo visual horizontal y de ayuda al juzgar el ángulo de inclinación lateral respecto al horizonte o a los elementos transversales de los sistemas de ayudas visuales cuando el horizonte está oculto. En consecuencia, puede observarse que el parabrisas de la aeronave desempeña un papel importante como ayuda para el piloto durante el vuelo visual.

Las aeronaves de transporte recientes están equipadas con dispositivos de alineación para ayudar a los pilotos a ajustar la altura de sus ojos de modo que la línea de visión hacia delante y hacia abajo (ocultamiento del puesto de pilotaje) coincida con la posición de los ojos prevista en el proyecto de la aeronave de que se trate. Estos dispositivos de alineación son bastante sencillos, de bajo coste, y fáciles de utilizar. Resultan especialmente importantes en el caso de aeronaves que realizan la aproximación y toma de contacto con

un ángulo de encabritamiento elevado (esto es, 5 a 10 grados). El ejemplo siguiente servirá para explicar la construcción y funcionamiento de estos dispositivos. Cabe imaginarse tres pequeñas bolas montadas en configuración triangular por detrás del larguero central del parabrisas y que son utilizadas por el piloto y el copiloto. Los asientos se ajustan en sentido vertical, hacia delante y hacia atrás, en el sentido horizontal, de modo que una de las bolas posteriores quede alineada con la bola delantera (central) el piloto usa la bola posterior ubicada en su lado y el copiloto la que queda en el suyo. Cuando la bola posterior se confunde con la bola anterior, los ojos del piloto y del copiloto están ajustados con la posición prevista para el tipo de aeronave.

## **2.6.2 Ayudas visuales para las condiciones meteorológicas de vuelo visual.**

### Localización del aeropuerto.

Los aeropuertos se localizan de diversas maneras atendiendo a sus dimensiones y a la naturaleza de las ayudas visuales y no visuales de que disponga. Durante el día, las pistas de grandes dimensiones son visibles, en buenas condiciones meteorológicas, a grandes distancias, variando la distancia con arreglo a la altura de la aeronave, dirección del sol, contraste entre la pista y el terreno circundante, etc. La localización de aeropuertos pequeños, particularmente aquellos cuyas pistas no están pavimentadas, se determina frecuentemente por la presencia de aeronaves estacionadas pintadas con colores vivos. Las ayudas no visuales y/o las cartas aeronáuticas son ayudas básicas para los vuelos de día y de noche, y el faro del aeropuerto es sumamente útil de noche en los aeropuertos que no disponen de ayudas no visuales.

### Identificación del aeropuerto

La identificación de un aeropuerto constituye un problema para el piloto con poca experiencia, particularmente cuando los aeropuertos están muy próximos. Aun los pilotos de línea aérea, experimentados, aterrizan ocasionalmente en un aeropuerto distinto del que tenía que hacerlo, y se encuentran en una situación embarazosa. En algunos aeropuertos pequeños se muestra el nombre del aeropuerto en una calle de rodaje o en el techo de un hangar, mientras que en otro se utiliza una clave de identificación en vez del nombre.

Algunos aeropuertos iluminan los nombres o claves con objeto de que sean legibles de noche para fines de identificación. Raramente se utilizan los faros de identificación. Un aeropuerto terrestre puede reconocerse por un faro de luces alternas verdes y blancas y un hidropuerto por su faro de luces alternas amarillas y blancas.

En algunos estados los faros de los aeropuertos civiles y militares tienen una clave que permite diferenciarlos.

### Información de aterrizaje

Los indicadores de la dirección del viento son ayudas visuales importantes, particularmente en los aeropuertos que no proporcionan información de aterrizaje por radiocomunicaciones.

Los indicadores de dirección de aterrizaje raramente se utilizan a consecuencia de la

necesidad, y, por consiguiente, la responsabilidad de tener que cambiar su dirección conforme a la del viento.

Los pilotos prefieren, por lo general, el cono de viento, de tela, ya que proporciona una indicación general de la velocidad del viento. Son más útiles los conos que se despliegan totalmente cuando soplan vientos de unos 15 nudos, ya que esta velocidad es el valor máximo admisible de viento de costado para el aterrizaje de aeronaves pequeñas. Un cono de viento desplegado a  $90^{\circ}$  respecto a la pista en uso proporcionaría a los pilotos información muy útil.

Cuando se proporcionan las ayudas visuales precisadas, y no se disponga de radiocomunicaciones, dichas ayudas son observadas por el piloto desde un punto cercano y a una altura bastante superior a la altitud del circuito de tránsito a fin de evitar a las demás aeronaves que vuelen en el circuito. (El color de estas ayudas debería brindar el máximo contraste con el terreno circundante). Seguidamente, el piloto entra en el circuito de tránsito apropiado preparándose para aterrizar.

### Guía para el vuelo en circuito

En condiciones VMC, es preciso efectuar la entrada inicial de la mayoría de los circuitos de tránsito a un ángulo de  $45^{\circ}$  con respecto al tramo a favor del viento. Ver Figura 4. Los pilotos sitúan sus aeronaves en los tramos a favor del viento evaluando la distancia que los separa de la pista y el ángulo de la pista por debajo del horizonte. El recorrido del tramo a favor del viento no suele plantear ningún problema ya que la componente transversal del



viento es corrientemente bastante reducida. La altura de las aeronaves durante el tramo a favor del viento se controla con arreglo a la lectura del altímetro de a bordo y la línea del horizonte por delante de la aeronave.

El umbral de la pista sirve de punto de referencia para determinar el tramo básico. Los pilotos de aeronaves pequeñas pueden iniciar el viraje para comenzar el tramo básico cuando la aeronave rebasa el umbral; por el contrario, los pilotos de aeronaves de gran tamaño propongan el tramo a favor del viento para contar con un tramo de aproximación final más ligero. El piloto ve disminuir el ángulo que forma la pista con su aeronave mientras efectúa el viraje para iniciar la aproximación final, y cesa de virar en el momento que la pista parece girar hasta un punto perpendicular con el horizonte. Los pilotos de todas estas aeronaves tienen las mismas necesidades, que consiste en fijar sus posiciones respecto al umbral y en disponer de guía para alinearse y mantenerse sobre la prolongación del eje de la pista la aproximación final. Ver figura 4.

#### Aproximación final, enderezamiento y aterrizaje

Esta fase del pilotaje de una aeronave es bastante difícil e implica estimaciones complicadas de la distancia, altura, deriva y ángulo con respecto a la pista. Tanto el piloto novicio como el experimentado tienen la misma visión del mundo exterior cuando están sentados en el puesto de pilotaje, pero cuando se trata de percepción consciente o de reacción inconsciente el piloto experimentado es capaz de hacer evaluaciones visuales más bien precisas que aproximadas y, por lo tanto, puede pilotar su aeronave con mayor precisión.

Mientras una aeronave vuela en condiciones VMC, las mínimas meteorológicas suelen permitir que el piloto se sirva de una referencia al horizonte para pilotar su aeronave utilizando referencias visuales exteriores. El horizonte puede ser real o aparente, siendo éste una línea de referencia percibida o imaginaria a un plano horizontal determinada por las referencias visuales en tierra, la configuración de las nubes o la línea de demarcación luminosas entre el cielo y el suelo a falta de un horizonte real claramente visible. Cuando se observa la pista de aterrizaje en condiciones de buena visibilidad, la ubicación de la aeronave con respecto a las cercanías de la pista (a diferencia de las condiciones IMC) no constituyen ningún problema. La fase de aproximación final se subdivide en dos partes sucesivas: primero, la aproximación al umbral y, seguidamente, el aterrizaje después de cruzar el umbral de la pista.

En la aproximación final, la trayectoria que el piloto desea seguir puede considerarse como la intersección de dos planos, que son el plano inclinado de la pendiente de aproximación óptima, y el plano vertical que contiene la prolongación del eje de la pista.

Para lograr su propósito, el piloto debe estar constantemente al corriente de seis variables:

- a. Desplazamiento con respecto a cada plano de referencia;
- b. Velocidad de acercamiento a cada plano de referencia; es decir, información sobre la velocidad de acercamiento; y

- c. Ritmo de variación de la velocidad de acercamiento a cada plano de referencia, es decir, información sobre la velocidad de acercamiento y ritmo de variación.

El piloto adapta continuamente las indicaciones relativas al desplazamiento y a la velocidad a fin de conseguir, en definitiva, que el desplazamiento sea igual a cero y que el ritmo de variación del desplazamiento también cero, o, expresado de otra manera, debe conocer:

- a. Lugar en que se encuentra en un momento dado;
- b. Su punto de destino en ese momento; y
- c. Lugar en que se encontrara dentro de unos instantes.

Comúnmente, al hablar de movimiento percibido, se alude al "movimiento de un objeto".

Sin embargo, en el caso de la percepción de las ayudas visuales por el piloto, es evidente que habría que referirse al "movimiento del observador", lo que va acompañado de un aumento de la perspectiva visual a medida que el piloto se acerca a la pista. El punto hacia el cual se dirige la trayectoria de vuelo constituye el centro de esa perspectiva, es decir, el punto donde las referencias visuales parecen estar inmóviles. La velocidad relativa, casi nula en el punto de convergencia con el horizonte, aumenta con arreglo al alejamiento de las ayudas visuales.

### Guía de azimut

El desplazamiento igual a cero respecto al plano vertical (desplazamiento lateral) se indica por la imagen en perspectiva de la pista y de las luces de aproximación, en el caso de haberlas, cuando su disposición es perpendicular al horizonte. Como la pista tiene una longitud considerable, la referencia visual para el desplazamiento es instantánea. La derrota seguida y el ritmo de variación de ésta no son instantáneas, pero pueden corregir los errores de manera que sean pequeñas las desviaciones con respecto a la derrota deseada, a medida que el piloto se acerca a su punto de destino durante la aproximación final. Así pues, la pista, o las luces de borde de pista, pueden considerarse como referencias visuales que permiten al piloto alinear rápidamente la aeronave y mantener la alineación con ligeras desviaciones respecto a la prolongación del eje de la pista.

### Información sobre el eje de aproximación

Los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación proporcionan guía de pendiente de aproximación, pero otras ayudas visuales corrientemente asociadas a las pistas solo sirven de referencia para el ángulo de pendiente de aproximación.

A medida que la aeronave se aproxima a la pista de aterrizaje, antes de iniciar el descenso para la aproximación final, el piloto observa como las referencias visuales asociadas a la pista se desplazan hacia la parte inferior del parabrisas de la aeronave. Cuando el punto, a lo largo de la pista, al que se dirige la aeronave durante el descenso (punto de mira), queda mas bajo que el horizonte al ángulo de aproximación deseado, el piloto inicia el descenso

apuntando la aeronave al punto de mira elegido. Este punto varía según las dimensiones de la aeronave y la longitud de pista disponible para el aterrizaje. Se hace que las aeronaves pequeñas apunten normalmente hacia las señales designadoras de pista o hacia un punto situado un poco mas allá; las aeronaves de gran tamaño apuntan, normalmente, hacia las señales de distancia fija situadas a 300 m mas allá del umbral o hacia un punto próximo.

El desplazamiento por encima o por debajo del ángulo de pendiente de aproximación ideal entraña una extensión y comprensión verticales de la imagen en perspectiva de la pista, lo que va acompañado de cambios en los ángulos que los bordes de pista forman con el umbral de la pista y el horizonte. Ver figura 5. Para determinar si se encuentra cerca el ángulo de aproximación deseado, comparán la imagen real de la pista con la imagen "ideal" formada en su mente, imagen esta que ha quedado grabada tras largos años de practica y experiencia. A medida que la aeronave desciende, los bordes de la pista convergen. Cuanto a mas altura se encuentra la aeronave, mas parece separase los bordes de la pista.

Durante el descenso de la aeronave de una altura de 45 m a 22.5 m por encima de la pista (según el angulo de pendiente de aproximación y la velocidad), el piloto se percata mas de la separación de los bordes de la pista debido a que las referencias visuales parecen desplazarse rápidamente hacia fuera a partir del punto de convergencia. Esto se debe a que la velocidad del "campo visual cambiante" aumenta a una velocidad inversamente proporcional a la distancia del piloto. Es por ello que a estas alturas relativamente pequeñas el piloto se da cuenta mejor de la dirección precisa de la trayectoria de vuelo de la aeronave. Se percata del punto de desplazamiento nulo y, si es necesario hace los ajustes

finales de la trayectoria de vuelo para poder efectuar un aterrizaje seguro dentro de los límites de la zona de toma de contacto de la pista.

### Enderezamiento y aterrizaje

El enderezamiento de la aeronave es una maniobra durante la cual el piloto o el piloto automático hacen que la trayectoria de vuelo de la aeronave pase de la aproximación final a una trayectoria apreciable paralela a la superficie de la pista antes de aterrizar. El enderezamiento puede iniciarse a una buena distancia del umbral en el caso de aeronaves de grandes dimensiones y por encima del umbral en el caso de aeronaves pequeñas.

Las ayudas visuales utilizadas para el enderezamiento y aterrizaje son aquellas que señalan el umbral, delimitan los bordes del pavimento reforzado e indican el eje de la pista. De día, los bordes de pista se perciben normalmente por el contraste que ofrece el pavimento de la pista con el terreno circundante, mientras que de noche es necesario disponer de luces de borde de pista.

Las señales de umbral de pista y de eje se usan tanto de día como de noche. Las ayudas visuales proporcionan guía de alineación. La textura de la superficie del pavimento depara el medio principal para determinar la altura tanto de día como de noche (utilizándose faros de aterrizaje de la aeronave durante la noche) a menos, por supuesto, que se disponga de luces de zona de contacto y que se utilicen en las operaciones VMC. La iluminación de pista, y en particular la iluminación de eje y de zona de toma de contacto, induce al piloto a sobrestimar la altura debido a que la mezcla de las luces le dan una impresión de

configuración lineal y a que las luces más próximas se transforman en fuentes lineales que se suceden rápidamente habida cuenta de las elevadas velocidades que intervienen.

### Guía para el recorrido en el suelo

El recorrido en el suelo comienza inmediatamente después de que las ruedas del tren principal hacen contacto con la superficie de la pista. Las señales o luces de eje de pista proporcionan la principal guía visual para la alineación durante el recorrido en el suelo. La iluminación de borde de pista se utiliza durante la noche para complementar el eje de pista, particularmente cuando no hay iluminación de eje de pista.

En los casos en que se ha provisto, la clave de color de las luces de eje de pista ayuda al piloto a juzgar su posición a medida que la aeronave decelera durante el recorrido en el suelo. La clave consiste en luces rojas y blancas alternas dentro de los límites de la zona 900 m a 300 m antes del extremo de la pista y de luces rojas únicamente dentro de la zona que se extiende a 300 m del extremo final de la pista. Las señales de zona de toma de contacto cuando se han provisto para el aterrizaje en dirección opuesta, también son de utilidad para juzgar la posición dentro de los 900 m finales del recorrido en el suelo. Las señales de distancia fija indican la posición a 300 m del extremo de la pista. Las luces de extremo de pista señalan el límite de pista de la longitud disponible para el recorrido en el suelo. Ver figura 5.

## Guía para la salida de pista

A medida que el piloto disminuye la velocidad de su aeronave hasta alcanzar la velocidad de salida, es importante que salga cuanto antes de la pista, especialmente en aeropuertos de mucho tránsito. Cuando se dispone de calles de rodaje para la salida a gran velocidad, es posible salir pronto de la pista. Es preciso indicar con antelación a los pilotos el punto de salida, puesto que, si no se les proporcionase esa información, se verían obligados a seguir rodando o en el suelo buscando una salida que, con frecuencia, se ve demasiado tarde para poder utilizarla. La iluminación de eje de calle de rodaje que se prolonga hasta el eje de la pista, para el caso de calles de rodaje que no cuentan con salidas rápidas es una ayuda muy útil durante la noche. (Los datos sobre los movimientos de la cabeza y de los ojos del piloto indican una reducción considerable de estos movimientos mientras se efectúa el rodaje que sigue al aterrizaje, en comparación con los movimientos durante el rodaje antes del despegue. Esto puede explicar en parte las dificultades que el piloto experimenta inmediatamente después del aterrizaje, es decir, la fatiga y/o la repercusión de la "mirada fija" durante el enderezamiento y aterrizaje.)

Generalmente, la guía para rodaje hacia el edificio terminal a la llegada o hacia la pista para el despegue no plantea problemas importantes para los pilotos que están familiarizados con el aeropuerto y no operan en condiciones VMC. Los pilotos de aeronaves con fuselaje de gran tamaño deben proceder con prudencia en las intersecciones de las calles de rodaje, particularmente durante la noche. Los problemas principales se refieren a lo inadecuado de:

- a. La información sobre ubicación y destino;



- b. La limpieza de la nieve en los lugares donde están instaladas las luces de eje de calle de rodaje;
- c. El control del tránsito en la superficie, particularmente en las intersecciones con pistas; y
- d. La indicación de la ruta a seguir en las zonas de grandes plataformas.

#### Guía para el despegue

Desde el punto de vista de la guía visual, la fase del despegue no constituye ningún problema. El piloto sigue la calle de rodaje para dirigirse al punto de despegue y se sirve de las luces de borde de pista de borde o de eje durante la noche para centrar su aeronave sobre la pista. La clave de las luces de eje de pista, cuando se dispone de ella, y las luces de extremo de pista son de primordial importancia cuando un piloto interrumpe su recorrido de despegue durante la noche.

**2.6.3 Ayudas visuales para condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (IMC).** Solo se permite volar en condiciones IMC a los pilotos experimentados, habilitados para el vuelo por instrumentos y para la utilización de radiocomunicaciones. Sin embargo, las aproximaciones, aterrizajes y despegues realizados en condiciones IMC, particularmente cuando la visibilidad es inferior a 800 m, exige el uso de ayudas visuales más potentes y complejas que las que se utilizan en condiciones VMC.

### Localización del aeropuerto

En condiciones IMC la localización del aeropuerto va ligada primordialmente a la utilización de ayudas no visuales. Cuando se establecen procedimientos para las aproximaciones que no son de precisión, que exigen volar por "contacto" una distancia de varios kilómetros, siguiendo un rumbo especificado desde la vertical del punto de referencia de la ayuda no visual en la aproximación final hasta el aeropuerto, las ayudas visuales terrestres ayudan a localizar los aeropuertos, particularmente durante la noche. Las luces de aproximación, de borde de pista y de guía para el vuelo en circuito así como el de faro del aeropuerto, se utilizan según el tipo de operación que se utilice.

### Identificación del proyecto

La identificación del aeropuerto es un problema solo cuando se utiliza una ayuda que no es de precisión. El piloto se encarga de la identificación del aeropuerto cuando percibe los alrededores de una pista en el momento apropiado que se ha calculado a partir del punto de posición de la aproximación final. Cuando un aeropuerto se encuentra en la proximidad inmediata de otro, es muy posible que los pilotos que utilicen las ayudas de aproximación por instrumentos que no son de precisión aterricen en el aeropuerto que no corresponde si las pistas están orientadas aproximadamente en la misma dirección. En estas condiciones, un faro de identificación podría resultar una ayuda visual de suma utilidad.

## Información de aterrizaje

Con el objeto de evitar las pérdidas de tiempo y las aproximaciones frustradas innecesarias, es esencial que los pilotos obtengan toda la información de aterrizaje pertinente (base de nubes y visibilidad, dirección y velocidad del viento, pista en uso, etc.) antes de iniciar un procedimiento de aproximación por instrumentos. Las ayudas visuales que proporcionan información para el aterrizaje en condiciones VMC no son de utilidad en condiciones IMC.

## Pista para aproximaciones por instrumentos

Un procedimiento de aproximación directa que no sea de precisión, no debería exigir un cambio de rumbo en la aproximación final hacia la pista de aterrizaje que exceda de  $30^{\circ}$ . Ver Figura 6.

Para la aproximación final, los procedimientos de aproximación por instrumentos autorizan, normalmente, maniobras de vuelo en circuito hacia otras pistas, además de la pista (si la hubiere) que esté dentro de los  $30^{\circ}$  de la trayectoria de aproximación final. La tarea del piloto resulta menos complicada, y por ende más segura, cuando la trayectoria de aproximación final está alineada con la pista de aterrizaje. Puede considerarse que el grado de dificultad es directamente proporcional a la magnitud del cambio de rumbo necesario para alinear la trayectoria de aproximación final con la pista.

Los procedimientos de aproximación por instrumentos permiten a la aeronave descender hasta la altitud mínima establecida para el procedimiento antes de que la trayectoria de

vuelo corte la prolongación del eje de la pista. Ver Figura 6. Cuando lo hay, el sistema de iluminación de aproximación (ALS), proporciona guía en azimut. En caso de que se haya instalado un ALS, debe aplicarse límites mínimos superiores de visibilidad a fin de que el piloto disponga de tiempo para cruzar la prolongación del eje de la pista basándose en el contraste de esta última con el terreno circundante, o en luces de borde de pista, para la guía visual.

### Guía para el vuelo en circuito

El vuelo en circuito para aterrizar luego de una aproximación por instrumentos, cuando las condiciones meteorológicas son mínimas o casi mínimas para el procedimiento establecido, es una tarea de pilotaje que requiere pericia considerable. El piloto debe establecer referencia visual con la pista mientras vuela con su aeronave a una altura de tan solo 90 m por encima de obstáculos. Las referencias visuales son análogas a las requeridas para las condiciones VMC, sin embargo, el piloto hace un mayor uso de los instrumentos a bordo para ayudarlo a mantener la alineación y altura. La dimensión aparente de los objetos conocidos, el movimiento aparente de los objetos conocidos, el movimiento aparente de los objetos, la imposibilidad de ver un objeto ocultado por otro, y las características topográficas, son puntos de referencia importantes para juzgar la relación altura/distancia durante las horas diurnas.

### Aproximación final, enderezamiento y aterrizaje

A medida que la aeronave se alinea con la pista, después de una aproximación directa de una aproximación de circuito, las ayudas visuales terrestres se usan, salvo en casos contados, siguiendo métodos bastante parecidos a los descritos anteriormente en condiciones C. dado que el horizonte no es visible, el ángulo de pendiente de aproximación (cuando no se dispone de sistemas indicadores visuales de la pendiente de aproximación) se obtiene por la altura del punto de mira en la pista por encima del borde inferior del parabrisas. A medida que los bordes de pista se hacen suficientemente visibles, la convergencia de los ángulos ayuda al piloto a juzgar su ángulo de pendiente de aproximación hacia el punto de mira. La guía de alineación puede no ser instantánea debido a que la visibilidad no permite ver una gran parte de la pista en la aproximación final.

Los sistemas indicadores visuales de la pendiente de aproximación constituyen ayudas visuales de gran importancia por cuanto muchas referencias visuales quedan ocultas en condiciones meteorológicas desfavorables. En muchos lugares, al realizar aproximaciones sin disponer de sistemas indicadores visuales de la pendiente de aproximación, los pilotos tropiezan con grandes dificultades, especialmente cuando las aproximaciones se realizan sobre superficies de agua o sobre terrenos sin características distintivas.

### Pista de aproximaciones de precisión

Para todas las categorías de aproximaciones de precisión se utiliza el mismo tipo de ayuda terrestre no visual (ILS), siendo la diferencia que tanto el equipo terrestre como el de a

bordo debe ser mas preciso para satisfacer los requisitos de homologación relativos a las operaciones en condiciones de visibilidad reducida.

La mayor preocupación del piloto que opera en las categorías de visibilidad reducida es que, a medida que la aproximación por instrumentos prosigue hasta llegar a mínimas inferiores de visibilidad y por consiguiente el piloto sigue el vuelo por instrumentos hasta un punto situado mas cerca del umbral, la fase de vuelos por instrumentos se prolonga y la fase visual se acorta. La altura de decisión real en un aeropuerto dado dependerá de las condiciones locales.

A medida que transcurre la etapa de vuelo por instrumentos, el piloto trata de saber su posición en el sentido lateral, vertical y longitudinal así como el valor probable de su ángulo de deriva cuando logre establecer contacto visual con el sistema de iluminación.

Cuando el piloto ve las luces de aproximación, debe verificar rápidamente las impresiones facilitadas por su guía electrónica y decidir si debe continuar la aproximación por debajo de la altura de decisión, si procede hacerla.

#### Aproximación final - guía de azimut

En el momento en que el piloto percibe un tramo corto del eje del sistema de luces de aproximación (ALS), puede verificar rápidamente si se desplaza con respecto al eje. Si el sistema cuenta con barretas laterales dentro de los 300 m interiores del sistema, los pilotos obtienen información adicional relativa a la magnitud del desplazamiento. Se requiere unos

tres segundos para establecer la trayectoria de vuelo con respecto al eje. Si la aeronave está alineada, los elementos que forman el eje del sistema de luces de aproximación tienen una apariencia oblicua, y el piloto debe decidir si la aeronave vuela hacia el eje, paralelamente al mismo, o se aparta de él. En cualquiera de los dos últimos casos, la magnitud de la corrección que puede realizarse con seguridad depende no solo de la velocidad de aproximación y de la distancia con respecto al umbral, sino también de la maniobrabilidad de la aeronave y de la longitud disponible de pista para el aterrizaje. Esta decisión vital basada en muchos parámetros ha de tomarse en el transcurso de pocos segundos.

Las barreras laterales son especialmente útiles en condiciones de visibilidad reducida. Ellas permiten tomar decisiones más rápidas debido a que están alineadas con las barretas de la zona de contacto, y por ello constituyen un punto de posición positivo con relación a la zona en la pista dentro de la cual debería aterrizar la aeronave. Esta zona interior del sistema de luces de aproximación proporciona referencias excelentes para juzgar la actitud de balanceo de la aeronave, referencias que son esenciales para mantener la alineación con la pista. Cuando la aeronave llega a la altura de decisión de Categoría II, de 30 m, la pista se encuentra a menos de 5 segundos de vuelo, y, por lo tanto, la decisión de proseguir la aproximación depende, en gran medida, en el hecho de si la trayectoria de vuelo se situará entre las barretas laterales.

#### Aproximación final - información sobre la altura

En caso de que no se haya trasladado ningún sistema indicador visual de la pendiente de aproximación o que éste sea imperceptible debido a visibilidad reducida, es preciso que se

pueda percibir un punto de mira para fines de guía de pendiente de aproximación sirviéndose de ayudas visuales. Por lo tanto, es evidente que las operaciones en condiciones de Categoría II de visibilidad reducida e inferiores se realizan sin beneficiarse de la guía visual de pendiente de aproximación. Véase Figura 3. Cuando una aeronave desciende por debajo de la trayectoria de planeo a alturas de unos 15 m por encima del sistema de luces de aproximación, los componentes transversales definen una configuración lineal cuando la percepción de la altura es buena, a condición de que la visibilidad permita al piloto ver y seguir viendo un segmento visible equivalente a unos 3 segundos de tiempo de vuelo. Este procedimiento no es apropiado ni se recomienda debido a la posibilidad de encontrar una zona de niebla densa que pueda ocasionar la desaparición o acortamiento del segmento visual. En este caso, el piloto puede tener la impresión de que su aeronave tiene la tendencia a encabritarse y su reacción normal sería iniciar el descenso a un ángulo que podría hacerle aterrizar antes de llegar al umbral de la pista. Ver Figura 1.7.

### Enderezamiento y aterrizaje

Antes del perfeccionamiento de la iluminación de eje de pista y de zona de toma de contacto, los pilotos se enfrentaban con una tarea extremadamente difícil al operar en condiciones de visibilidad equivalentes a las condiciones meteorológicas actuales de Categoría II e inferiores. El problema era más agudo durante la noche y la condición se denominaba, apropiadamente, el "agujero negro". Las luces de aterrizaje de las aeronaves eran inútiles ya que iluminaban la niebla y no la superficie de la pista, lo que deterioraba aun más el medio ambiente visual. El perfeccionamiento y uso de la iluminación de eje de pista y de zona de contacto proporciona a los pilotos guía en azimut e información sobre la



altura, que es la solución del problema del "agujero negro". Los componentes transversales de las luces de zona de contacto facilitan guía para el recorrido en tierra, lo que permite mantener a la aeronave alineada con la pista. Estas luces indican también los límites laterales (izquierdo - derecho) y longitudinales de la zona de toma de contacto, particularmente para las aeronaves de gran tamaño.

Durante el día, las señales de pista dentro de la zona de toma de contacto proporcionan guía en azimut e información sobre la altura para las operaciones de Categoría I. Las señales también son ayudas visuales importantes para las operaciones de Categorías II y III, especialmente de día cuando los niveles de luminosidad de fondo son elevados.

Al aproximarse a la pista, las distintas luces de eje de pista y de zona de contacto se ven como fuentes puntuales, pero durante el enderezamiento a baja altura las fuentes puntuales más próximas se transforman en fuentes lineales (efecto lineal). La distancia por delante de la aeronave a la que las fuentes puntuales se convierten en fuentes lineales varía según la velocidad de la aeronave y la altura del puesto de pilotaje. El efecto lineal se debe a la elevada velocidad angular de desplazamiento de las luces en la retina del ojo; es decir, que no pueden observarse por los movimientos de seguimiento del ojo. Ello puede originar que se refuerce la impresión de altura experimentada por el piloto o de cualquier cambio en azimut que pueda producirse. De este modo, puede verse que cuando los pilotos de muchas aeronaves (velocidades de aterrizaje elevadas, y escasa altura del puesto de pilotaje) aterrizan en condiciones de la Categoría III B, verán mayormente trazos de luz durante la noche, puesto que la fuente puntual de casi todas las luces estarán ocultas por la niebla. El efecto lineal no es tan evidente durante el día, por cuanto la superficie de la pista,

compuesta de millones de referencias de las características estructurales, es visible y se desplaza también a gran velocidad en sentido inverso a la aeronave.

### Guía de recorrido en el suelo

A medida que disminuye el RVR, el piloto tiene que depender cada vez más de la iluminación de eje de pista y llega a un punto en el que casi lo único que ve es el eje de pista en condiciones de Categoría III. La iluminación y señales de eje de pista son eficientes para guiar la aeronave en tierra con alcances visuales muy reducidos, especialmente cuando el piloto está por encima de las señales. El desplazamiento máximo puede ser de unos 9 m a la izquierda o a la derecha, pero un desplazamiento de este orden reduce apreciablemente la guía en azimut en condiciones de visibilidad más reducida. La figura 8 indica que el desplazamiento de estas luces formarían un ángulo relativamente grande con el eje longitudinal de la aeronave. En estas condiciones los pilotos mantendrán normalmente sus aeronaves en la dirección y por encima del eje de la pista o lo más cerca de este para mejorar la guía en azimut.

### Guía de salida de pista

La ubicación de la salida de pista puede ser un problema importante cuando se opera con un RVR inferior a unos 400 m, a menos que las luces verdes de calle de rodaje se prolonguen sobre la pista de conformidad. La experiencia ha demostrado que la salida de pista puede ser lenta, aun en condiciones VMC, a menos que se provean luces que se prolonguen hasta el eje de pista. Las luces de gran intensidad, el efecto de halo en torno a las luces, los

niveles de luminosidad ambiental elevados en condiciones de niebla, las gotas de lluvia en el parabrisas son efectos que, combinados con la fatiga del piloto después del aterrizaje, imponen la necesidad operacional absoluta a contar con buena iluminación en condiciones de visibilidad.

### Información sobre distancia

La iluminación de aproximación y de pista proporciona en varias etapas información sobre distancia a lo largo de la longitud total de los sistemas combinados. Estas etapas se indican en el cuadro 2. La disponibilidad de ayudas visuales terrestre, para mantener informados a los pilotos de su posición en condiciones de visibilidad reducida, es una característica importante de la seguridad del sistema.

### Guía para el rodaje

Aunque el rodaje en condiciones VMC no suele presentar ningún problema importante, el rodaje en condiciones IMC (particularmente durante la noche) se hace progresivamente a medida que disminuye la visibilidad, y esto es así incluso para los pilotos perfectamente familiarizados con el aeropuerto. Todavía no se han acabado de perfeccionar ayudas visuales que faciliten el desplazamiento seguro y rápido de las aeronaves en la superficie.

Los pilotos de aeronaves con fuselaje largo necesitan señales para informarles de que la cola de su aeronave se encuentra fuera de la pista y de otras calles de rodaje cuando las intersecciones están próximas. Los pilotos necesitan se les avise con antelación cuando se

aproximan a una curva a menos que el rodaje se efectúe a muy poca velocidad. Al entrar en la plataforma, la delimitación de las calles de rodaje sobre la plataforma es tan importante como las de las calles de rodaje convencionales. Al salir de la plataforma en condiciones de visibilidad reducida, la localización e identificación de la calle de rodaje que ha de utilizarse puede constituir una tarea ardua.

La iluminación de eje de calle de rodaje, incluyendo la de plataforma, que se enciende para indicar la ruta a seguir, proporciona la solución ideal por lo que se refiere a ayudas visuales.

Si no se cuenta con un sistema de conmutación, los paneles de señalización bien diseñados y eficaces son una ayuda visual de gran utilidad para el piloto en condiciones de visibilidad reducida.

#### Guía de atraque / estacionamiento

En las condiciones de visibilidad inferior, se necesita la guía de eje hacia el punto de atraque para evitar considerables cambios de rumbo cuando aparecen las señales de atraque. Las señales de atraque que proporcionen guía de izquierda a derecha, una indicación de la velocidad de acercamiento y una orden de parada respecto a la posición del piloto que no precise movimiento alguno de cabeza ni ayuda de un señalero, definen el sistema de atraque visual ideal. En los casos en que no intervenga el atraque, se requieren señales visuales para ayudar a estacionar a los pilotos dentro de zonas abiertas de la plataforma, con o sin ayuda de señaleros, con objeto de evitar todos los demás objetos en la zona de estacionamiento. La iluminación general de la plataforma debería ser perjudicial

para la visibilidad de las señales de atraque o de estacionamiento, y debería iluminar los objetos que puedan constituir un obstáculo para los movimientos de las aeronaves. Ver figura 8.

**Cuadro 2. Clave de distancia para las categorías II y III**

Sistema	Componente	Color	Configuración	Importancia operacional
Sistema de iluminación de aproximación con eje en clave para indicación de distancia.	600 m exteriores	Blanco	Configuración consistente en tres fuentes luminosas en el sector mas alejado y dos fuentes luminosas en el sector interior.	Posición de la aeronave por encima de la altura de decisión (Categoría II).
Sistema de iluminación de aproximación con eje de barretas.	"	"	Eje consistente en cinco barretas luminosas con luz de descarga de condensador en cada estación.	" " " " " "
Sistema de iluminación de aproximación – ambos tipos.	300 m  30 m	Blanco  Blanco Rojo	Barra transversal en el punto de 300m  Eje de barretas. Filas laterales alineadas con las luces de zona de toma de contacto.	Una señal potente en la altura de decisión cerca de ella (Categoría II). Alineación de eje. Indica los límites de desviación lateral para el aterrizaje - si el piloto está fuera de la zona de la señal, debería interrumpir la aproximación a menos que se dirija hacia el eje para alinearse con él.  Previsión del enderezamiento en el caso de algunas aeronaves de gran tamaño - proximidad del umbral. (Todo el sector marca la zona anterior al umbral pero los componentes individuales ayudan al piloto de diferentes maneras.)
		Blanco	Barra lateral en el punto de 150 m	

<b>Sistema</b>	<b>Componente</b>	<b>Color</b>	<b>Configuración</b>	<b>Importancia operacional</b>
Umbral de la pista.	Una fila transversal	Verde	Una fila transversal que puede interrumpirse en la parte central.	Comienzo de la superficie de aterrizaje.
Eje y zona de toma de contacto.	Primeros 900 m de la pista	Blanco Blanco	Eje de pista. Barretas de zona de toma de contacto unos 9 m a cada lado del eje.	Alineación con el eje. Limites de desviación lateral. (La totalidad del sector define una zona segura para el aterrizaje).
Eje.	Parte central de la pista	Blanco	Define la parte central de la pista.	Zona para la deceleración.
Eje.	Ultimos 900 m de la pista	Rojo y blanco alternados  Rojo	Luces rojas/blancas alternas ubicadas en los primeros 600 m del sector.  Luces exclusivamente rojas en una distancia de 300 m.	Advierten al piloto de la proximidad de la zona de los últimos 300 m de la pista.  Definen la zona central de la pista.
Extremo final de pista.	Fila transversal	Rojo	Fila transversal que normalmente esta interrumpida en la parte central.	El extremo de la pista.

Fuente: Manual de proyecto de Aeródromos. Parte 4

## Guía de despegue

La guía de despegue se suministra mediante iluminación y señales de eje de pista. Una vez que la aeronave se encuentra encima del sistema, la guía de alineación es excelente, y las operaciones pueden realizarse sin peligro con alcances visuales bastante cortos.

El eje en clave de los últimos 900 m de la pista es de gran utilidad en el caso de un despegue interrumpido, ya que las referencias permiten al piloto decidir si puede recurrir a los procedimientos de frenado de emergencia para detener su aeronave en la longitud restante de la pista.

### **3. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE LA OBRA.**

#### **3.1 ALCANCE.**

En esta especificación se considerará toda la información necesaria para la realización de la obra, la cual incluye, las condiciones generales y particulares, procedimientos y sistemas de construcción.

#### **3.2 NORMAS.**

A menos que especifique lo contrario, la construcción de la obra se hará de acuerdo a las normas y patrones internacionales o a sus equivalentes, como se enumerarán seguidamente. En caso de discrepancia las normas de la OACI y/o IEC primarán sobre las demás.



- ♦ OACI : Organización de Aviación Civil Internacional
- ♦ FAA : Federal Aviation Administration.
- ♦ IEC : International Electrotechnical Commission.
- ♦ NEC : National Electrical Code.
- ♦ ANSI : American National Standard Institute.
- ♦ IES : Illuminating Engineering Society.
- ♦ ASTM : American National Standard Institute.
- ♦ UL : Underwriters Laboratories.
- ♦ BE : British Standard.
- ♦ DIN : Deutsche Institute für Normung.
- ♦ ACI : American Concrete Institute.

### **3.3 DESMONTE DE LA RED EXISTENTE.**

El desmantelamiento de red existente comprenderá el desmonte cuidadoso de todos los elementos y materiales, de tal manera que, en lo posible se pueda recuperar la mayor cantidad de materiales en buen estado, para su reutilización. La debida clasificación de los mismos será entregada bajo acta, por la entidad encargada de ejecutar la obra o contratista.

Algunas actividades de la ejecución de las obras de construcción se realizarán simultáneamente con las concernientes al desmantelamiento de las redes existentes.

### **3.4 PLANOS**

**Los planos eléctricos adjuntos a estas especificaciones, son indicativos en cuando hace referencia a la localización y rumbo general de las canalizaciones para las diferentes salidas y acometidas, por lo tanto el Contratista podrá hacer cambios menores durante el proceso de instalación para ejecutar sus rutas a condiciones estructurales y detalles arquitectónicos de la edificación. Estos cambios serán previamente consultados.**

### **3.5 LOCALIZACION DE LOS EQUIPOS**

**La localización señalada en los planos para los equipos, tableros, strips, cajas de paso, cajas de salidas, etc.; es aproximada, por lo tanto el Contratista hará los desplazamientos necesarios para satisfacer las características arquitectónicas o estructurales; para ese fin los constructores fijarán los ejes y niveles principales. Se ejercerá especial cuidado en la colocación de las salidas de tal manera que permita dar acabados impecables entre las placas de los diferentes aparatos y las superficies finales de acabado.**

**Previamente a la instalación de los equipos de deberá verificar todas las dimensiones, accesibilidad y demás condiciones existentes en el sitio, teniendo en cuenta los tamaños y áreas libres para asegurarse que puedan ser instalados y operados satisfactoriamente en el espacio escogido, manteniendo las alturas recomendadas y la libre circulación.**

### **3.6 IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS**

Se deberá suministrar y colocar placas plásticas con grado de bajo relieve, de color negro y letras blancas, de una altura no mayor a 1 cm, a todos los equipos principales de distribución, tales como: subestaciones, planta de emergencia, tableros eléctricos, etc.

Estas placas serán grabadas con la nomenclatura señalada en los planos para los elementos mencionados.

Cuando el Contratista conecte equipos suministrados por terceros deberá identificar plenamente todos los conductores.

### **3.7 TIPO DE CAJAS Y ZANJAS.**

Para la construcción de las redes subterráneas se han normalizado los siguientes tipos de zanjas y cajas. Ver anexo A.

### **3.8 EXCAVACIONES Y RELLENOS DE ZANJAS.**

El tamaño de las zanjas y los tipos de trabajos a efectuar en cada una de ellas debe hacerse de acuerdo a los detalles mostrados en los planos respectivos.

Las dimensiones de las zanjas podrán variar con respecto al diseño original con el fin de evitar obstáculos o interferencias ocasionadas por otras instalaciones u objetos existentes en la zona.

Antes de iniciar las excavaciones se deben consultar los planos de acueducto, a fin de constatar que no se presenten interferencias en la obra a ejecutar.

En caso de desviaciones al diseño, éstas deben ser aprobadas por el interventor.

Antes de empezar las excavaciones se deberá demarcar los bordes de la zanja en la forma más precisa posible, ya sea con tiza o cal.

En la excavación de las zanjas, el contratista deberá tener en cuenta, entre otras, las siguientes precauciones:

- ♦ Las zanjas deberán tener exactamente el tamaño y forma de la excavación requerida. El contratista se guiará por la demarcación hecha precisamente sobre terreno.
- ♦ El ancho del corte deberá ser igual al ancho total del banco de ductos.
- ♦ Antes de empezar el tendido de ductos se deberá excavar el tramo de zanja entre dos cajas.
- ♦ Para evitar la erosión, las paredes de la zanja deberán apuntalarse donde sea necesario.
- ♦ Las paredes de las zanjas deberán ser verticales.
- ♦ Donde se encuentre concreto o pavimento, éste se deberán cortar con maquina cortadora de concreto de disco y hacer el corte lo mas recto posible.

El trabajo de zanjas implica excavación, suministro y acarreo de materiales, instalación de ductos, mano de obra, limpieza y acabado exterior que debe ser igual al existente en le momento de iniciar las obras. Cada capa de material estará de acuerdo a las especificadas en el plano de detalles, así como la ubicación de ductos y zanjas.

### **3.9 CARACTERÍSTICAS E INSTALACIÓN DE DUCTOS.**

**3.9.1 Características de los ductos.** Los ductos serán en su interior liso y suave, no deberán presentar aristas o rugosidades para permitir el paso fácil sin deterioro de los cables.

El material debe ser absolutamente impermeable, de composición inerte, es decir, que no ataque los materiales de que está hecho el cable.

Adicionalmente el material debe ser resistente al fuego, para disminuir la deformación en los ductos en el caso de corto circuito o incendio, en aquellos ductos no empotrados.

Eléctricamente debe tener una resistencia uniforme en toda su longitud, para evitar fenómeno de electrólisis. Su diseño debe ser especial para contener cables eléctricos.

**3.9.2 Instalación de los ductos.** Los ductos deberán descansar uniformemente sobre el terreno para evitar esfuerzos de flexión. En ningún caso se deben apoyar los extremos de los ductos sobre piedras. Los ductos irán centrados en las cajas.

Toda la tubería que sea cortada en el sitio de trabajo, será liberada de filos y asperezas que puedan causar daño al aislamiento de los conductores.

Las uniones deberán ser rígidas, herméticas y de suficiente resistencia a fin de impedir la filtración del agua y el desacople de los ductos.

Cuando se requieran curvas se permitirá el doblado en caliente para la tubería de diámetro de 1" o inferior, de tal manera que el tubo no sufra reducción en el diámetro interior y que no se lastime. Para tuberías de diámetros mayores de 1" se utilizarán curvas normalizadas.

Un tendido de tubería entre dos cajas no deberá tener mas curvas que el equivalente a cuatro codos en ángulo recto.

La tubería que termine en tableros, cajas de paso, registros o cajas de salida, deberán hacerlo en ángulo recto a los laterales de estos elementos, terminando a nivel por la parte interior con la lamina de su cara y coincidiendo con las perforaciones de esta, siendo asegurado por medio de accesorios o adaptadores terminales apropiados.

Toda tubería que quede fundida en placa deberá ser inspeccionada antes de la fundición con el fin de asegurar su continuidad y correcta localización. Durante la construcción todos los extremos de la tubería conduit deberán ser cerrados con tapones.

Toda tubería que vaya incrustada en piso quedará a una profundidad no menor de 5 cm desde la superficie terminada; excepto en aquellos puntos de ingreso a cajas de salida o tableros.

### **3.10 CONSTRUCCIÓN DE LOS REGISTROS.**

Los registros serán de mamposterías y sus dimensiones y características están dadas en el plano de detalles. El tamaño de los registros puede variar con respecto al diseño original de acuerdo a las condiciones específicas del lugar. Cualquier variación deberá contar con el visto previo del interventor.

Los registros estarán provistas de tapas de las dimensiones y características mostradas en el plano de detalles.

Para recibir los ductos se abrirán en las paredes de los registros los orificios necesarios de acuerdo al número de ductos y colocación de los mismos en las zanjas.

Una vez colocados los ductos, las paredes de los registros deberán repañetarse en las uniones, de manera que el registro en su forma terminada no presente huecos o perforaciones en sus paredes. El piso de los registros se dejará gravilla redonda.

El trabajo de los registros implica excavación, suministro y acarreo de materiales, mano de obra, limpieza y acabado exterior que debe ser igual o superior al existente en el momento de iniciar las obras. El contratista deberá tener en cuenta esto en el momento de efectuar la propuesta.

### **3.11 TENDIDO DE LOS CONDUCTORES SUBTERRÁNEOS.**

**3.11.1 Disposiciones previas a la construcción.** La instalación de cables eléctricos bajo tierra es costosa y deben utilizarse técnicas que permitan obtener de ellos un servicio duradero y efectivo con un mínimo de mantenimiento. Todos estos trabajos se deben realizar por personas (Contratistas) idóneas y con experiencia. La mayoría de los cables enterrados están situados en las zonas de maniobras del aeropuerto o muy cerca de ella. Por lo tanto, cuando los aeropuertos son de gran actividad, como el aeropuerto Internacional Rafael

Núñez, hay que tener cuidado para que la instalación no suponga riesgos para la aviación ó para los mismos instaladores.

El Contratista ó Ejecutor de la obra, deberá obtener una autorización previa por parte de la Interventoría, donde este le especifique las horas del día o de la noche en las cuales se van a llevar a cabo los trabajos. Éstas horas de trabajo se determinan junto con los controladores de tráfico aéreo, en caso tal que dichas actividades perturben de alguna manera las actividades de aterrizaje, carreteo ó despegue de cualquier aeronave.

Así mismo, se deben tomar todas las precauciones razonables para proteger las instalaciones existentes de servicios públicos que pudiesen estar enterradas en la zona de trabajo, como por ejemplo: Tanques de Combustible, Redes de Acueducto, Gas, Otras Redes Eléctricas, etc. En caso tal de que se presentase este último caso, el Contratista deberá marcar todos los cables conocidos de alimentación y control que vayan a una instalación que este funcionando o salgan de la misma. A partir de esta acción, y a lo largo de todo el tiempo que dure la obra, se le deben de proteger contra cualquier daño ó avería. Todo cable enterrado que se dañe debe ser reemplazado inmediatamente, empleando para ello, materiales nuevos y de la misma calidad.

**3.11.2 Disposiciones generales.** Para las acometidas de los trabajos de tendido de los conductores de media y baja tensión el contratista debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones generales:

- a. Se seleccionará y llevará al sitio de la obra el cable especificado en el diseño.
- b. Antes de iniciar el tendido se deberán tener disponibles las herramientas y materiales necesarios, tales como cintas, empalmes, terminales, equipos de tendido, equipo de medición de aislamiento, etc. Esto con el fin de que no se presenten demoras innecesarias en la ejecución de los trabajos
- c. Las herramientas deben estar cuidadosamente mantenidas, limpias y secas.



- d. Se debe procurar en lo posible, que el sitio de trabajo esté limpio de objetos y materiales que puedan averiar el cable durante la operación de tendido.
  
- e. Verificar que los ductos estén limpios y libres de obstáculos.
  
- f. Con el objeto de reducir al mínimo posible los trastornos a los usuarios, ocasionados por los trabajos de remodelación de las instalaciones, el contratista deberá coordinar las actividades a desarrollar de manera que ningún usuario se quede sin servicio por un periodo superior a 6 horas. Con miras a alcanzar este objetivo, el contratista elaborará diariamente un plan de actividades a ejecutar, el cual deberá recibir la aprobación del interventor antes de empezar los trabajos.
  
- g. En general, cada una de las operaciones involucradas en tendido deberá ejecutarse de acuerdo con las normas y prácticas internacionales conocidas, para evitar daños al cable tanto en la ejecución de los trabajos como durante la prestación del servicio.
  
- h.** No estará permitido en ningún caso ejecutar empalmes en cable y en alambres dentro de la tubería conduit y por lo tanto los conductores serán continuos desde su origen hasta las cajas de salidas.
  
- i.** Todas las conexiones para empalmes y derivaciones en conductores hasta el calibre AWG No. 10 inclusive, que se hagan dentro de las cajas de paso, se ejecutarán por medio de conectores iguales o similares al tipo Scotchlock distribuido por 3M.

- j. Durante el proceso de cableado la tensión será aplicada gradualmente a los cables evitando halones fuertes. La tensión máxima recomendada por el fabricante y por la buena práctica no será excedida en ningún caso.

**3.11.3 Tendido de los cables de media y baja tensión.** El tendido de las redes de media tensión y baja tensión se ha hecho de tal forma que se hagan empalmes solamente cuando sea necesario. Para ello se utilizarán empalmes preformoldeados.

El cablista establecerá la longitud de cada tramo a fin de evitar cortes innecesarios en el cable. Para la determinación de cada tramo es necesario tener en cuenta un límite de tolerancia que permita al cable modificaciones (dilatación o contracción) por las variaciones de temperatura.

Al tender el conductor se utilizará un ducto por circuito. Como norma, siempre se coparan primero los ductos que están en el fondo de las zanjas, dejando los ductos ubicados en los niveles superiores como reservas.

Antes del tendido los conductores deberán trensarse de tal forma que se puedan tender las tres fases al tiempo.

Mantener sellados los extremos de la punta del cable hasta el momento de hacer empalmes o terminaciones.

Al hacer empalmes y terminaciones evitar la humedad y realizar estos trabajos dentro de la mayor limpieza.

Además, se debe tener en cuenta la profundidad de enterrado, entre más profundamente se entierre el cable, menor será su capacidad de corriente.

El poco espaciamiento de los cables reduce la capacidad de corriente debido al calentamiento mutuo. Sin embargo, el espaciamiento muy amplio también reduce la capacidad de corriente debido a mayores pérdidas por reactancia. El espaciamiento óptimo para cables en ductos o enterrado directamente está en el rango de 0,13 a 0,25 m (5" a 10"). Para cables al aire está alrededor de un diámetro del cable.

La utilización de lubricantes durante la instalación de cables en ductos, facilita notablemente la operación pues reduce el coeficiente de fricción entre el cable y el ducto reduciéndose así la fuerza necesaria para jalar el cable. Sin embargo, de evitarse el uso de compuestos lubricantes que contengan aceites minerales.

Los radios de curvatura mínimo a emplear para cables de media tensión deben ser mayor o igual a 12 veces el diámetro total del cable y el de cable de baja tensión debe ser igual a mayor a 8 veces el diámetro total del cable.

Una vez terminado el tendido de deben hacer pruebas de aislamiento para comprobar su estado.

El tendido de los cables de baja tensión se hará entre los tableros de distribución, de la subestación y los mástiles de iluminación y el tendido de los cables de media tensión se hará entre la subestación y las luminarias de las pistas.

Separación entre Cables:

- a) Los cables de alimentación, del mismo circuito, pueden colocarse en contigüidad dentro de la zanja sin separarlos, con las excepciones que se indican más adelante. Los cables de iluminación en serie se pueden considerar como del mismo circuito.

- b) Los cables de alimentación de circuitos iguales o diferentes a menos de 600 voltios pueden tenderse juntos en la misma zanja sin separación horizontal entre ellos.
- c) Los cables de alimentación de circuitos distintos cuyas tensiones sean de 600 a 5000 voltios deben estar separados en un mínimo de 10 cm.
- d) Todos los cables de alimentación de 5000 voltios y menos, deben separarse de cuantos cables de control, telefónicos y coaxiales pueden haber en un mínimo de 15 cm.
- e) Los cables de control, telefónicos y coaxiales pueden tenderse en una misma zanja sin separación entre ellos.
- f) Las separaciones verticales deben ser similares a las indicadas en (a) y (e) anteriores teniendo en cuenta, sin embargo, que los cables que no requieran separación horizontal, deben estar separados verticalmente 6 cm como mínimo.

Los hilos de toma de tierra deben estar aproximadamente a 15 cm por encima del nivel más elevado de los cables.

#### **3.11.4 Tracción del Cable En los Conductos**

**3.11.4.1 Método de Tracción.** El cable se instalara en el conducto tirando del con un torno mecánico a mano. Debe usarse adecuada cantidad de compuesto de tracción de cable cuando se hagan estas operaciones y no emplearse nunca grasa de petróleo.

La superficie o capa aisladora de cualquier cable no debe dañarse a una profundidad superior a 10/10 de su espesor original. Las tracciones máximas de los cables que se instalan comúnmente se relacionan en la cuadro No. 3.

**3.11.4.2 Longitud del Cable de Tracción.** Para reducir al mínimo los empalmes, se deben introducir en los conductos de una vez las máximas longitudes posibles de cable. Mientras no se indique de otro modo, las cajas de registro y agujeros de inspección deben estar tan separados como sea posible para el tipo de cable que se instale, pero en ningún caso esa distancia entre cajas de registro o agujeros de inspección debe exceder los 200 m.

**3.11.5 Instalación de Varios Cables en un Conducto.** Las siguientes instrucciones se aplican para la instalación de dos ó más cables dentro de un conducto:

- Se pueden instalar en el mismo conducto cables de alimentación de la misma tensión.
- Se pueden instalar en el mismo conducto cables de alimentación de menos de 600 V.
- No se deben instalar dentro del mismo conducto cables de alimentación de menos de 600 voltios con cables de control, telefónicos o coaxiales.
- No se deben instalar dentro del mismo conducto cables de alimentación de más de 600 voltios con cables de control, telefónicos o coaxiales
- Se pueden instalar en el mismo conducto cables de control, telefónicos y coaxiales.

**3.11.6 Instalación de Cables en Cajas de Registro y Agujeros de Inspección**

**3.11.6.1 Ganchos para los Cables.** Los cables se conformarán con cuidado alrededor del interior de las cajas de registro ó agujeros de inspección evitando codos bruscos o cocas. Todos los empalmes deben unirse a los ganchos para los mismos usando cuerda de nylon de 3.2 mm de diámetro.

**3.11.7 Terminaciones de los Cables.** Las terminaciones de todos los cables de control, telefónicos y coaxiales serán las requeridas. Las terminaciones de todos los cables de alimentación eléctrica de más de 5000 voltios se harán con un dispositivo de descarga de fatiga. Cuando se utilicen cabezas terminales de cables, se requerirán estrictamente las recomendaciones del fabricante. Cuando se hagan terminaciones en los casquillos de los transformadores, se encintarán las superficies expuestas a los lados de alta y baja tensión contra la máxima tensión y se pintarán con un recubrimiento de levado rendimiento y resistente al agua.

**3.11.8 Toma de Tierra de los Cables.** Las condiciones que se aplican a la toma de tierra de los cables:

- a. Todos los cables de alimentación apantallados deben tener puesta a tierra la pantalla por cada uno de sus extremos. El conductor de toma a tierra debe conectarse a un piquete de tierra por medio de un conector específicamente diseñado para este fin. Las pantallas o armaduras de los cables de alimentación directamente enterrados deben ponerse a tierra por cada extremo, pero no en los empalmes.
- b. Todos los cables de control apantallados deben tener a tierra la pantalla por cada extremo. La pantalla en los empalmes tendrá una resistencia de aislamiento a tierra igual a la del cable original.
- c. En los cables de telefónicos, la pantalla se pondrá a tierra únicamente por un extremo. Las pantallas de los coaxiales deben aislarse a tierra en toda la longitud del tramo del cable.

### **3.12 ENTRADA Y SALIDA DE LOS CABLES SUBTERRÁNEOS DE LA SUBESTACIÓN.**

Los cables subterráneos de media tensión llegarán y saldrán de la subestación a través de carcamos contruidos con tal fin.

Tanto las celdas de entrada como las de salida estarán provistas de orificios en la parte inferior, los cuales comunicarán a las celdas directamente con los carcamos.

En le caso de las celdas de entradas, el cable pasará a través de los cortacircuitos y fusibles y de este al barraje mientras que en las de salida el cable se conectara a los fusibles y de éstos a los cortacircuitos para llegar al barraje.

Los circuitos de baja tensión saldrán de los bornes de los interruptores automáticos localizados en el tablero de distribución de B.T.

### **3.13 CAJAS DE CONEXIÓN**

**3.13.1 Instalación de las Cajas.** La mayoría de las conexiones de los cables a los transformadores de aislamiento se hacen en las cajas de estos últimos, en las bases de los aparatos de luz que están bajo la superficie en la borda de las pistas o calles de rodaje pavimentadas o en el propio pavimento. Lo preferible es que estas cajas se instalen en los lugares designados y sobre una base de hormigón vertido en el que se embeba la caja en no menos de 10 a 15 cm de hormigón alrededor del fondo y de los lados. Los conductos metálicos conectados a las entradas del contenedor de admisión de los cables del circuito deben extenderse a través de las paredes de hormigón. La parte superior de la caja debe quedar a nivel y a la profundidad adecuada por debajo de la superficie superior del hormigón para el montaje del dispositivo de luz o de la placa de cierre. Debe usarse un medio de fijación para mantener el nivel, la alineación y profundidad correcta

de la parte superior de la caja durante la instalación y curado del hormigón. Los extremos de los cables se introducirán por tracción en el interior de la caja y el extremo del conducto exterior de la base de hormigón se sellará alrededor del cable con un compuesto apropiado que impida la entrada de agua.

**3.13.2 Instalación en el Pavimento Existente.** Si se de han de instalar luces en los pavimentos existentes, puede no ser práctica la colocación de las cajas de los transformadores en bases de hormigón. Normalmente, la caja del transformador se coloca en el borde del pavimento y se instalan los cables secundarios que van a la luz en rozas de sierra. Se puede montar una caja del transformador, caja de empalmes o aparato de luz en el lugar correspondiente a la luz haciendo las conexiones a ella por medio de un orificio de adecuado tamaño y profundidad que se practica en el pavimento. El aparato de luz se puede instalar en una caja o ser del tipo apropiado para su montaje directo en el orificio. Se practicarán orificios del diámetro apropiado para los aparatos de luz o cajas en el pavimento utilizando brocas con bordes de diamante.

**3.13.3 Instalación de la Caja.** Los lados y fondos de la caja de un transformador, caja de empalmes o aparatos de luz deben chorrearse con arena inmediatamente antes de la instalación. Esto mismo se hará con las caras interiores del orificio practicado. La parte inferior y los laterales de la caja o aparato de luz y las caras y fondo del orificio practicado deben cubrirse con un revestimiento de un sellado apropiado en una cantidad mínima que rellene completamente el espacio entre el hormigón y el aparato de luz o caja.

### **3.14 ENTERRAMIENTO DIRECTO DE LOS TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO**

Los transformadores de aislamiento directamente enterrados deben instalarse, por lo general, a la misma profundidad que los cables conectados a los transformadores. Los transformadores y los cables deben disponerse de tal modo que no haya codos ni queden sometidos a fatigas los conectadores, y los cables e hilos deben tener la holgura adecuada para adaptarse a asientos del terreno y levantamiento del mismo.



### 3.15 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.

a. Las redes de distribución tendrán las siguientes características generales.

- ♦ Distribución primaria: Trifásica a tres hilos, subterránea.
- ♦ Voltajes primarios = 13. 2KV y 5 KV. Según sea su utilización (alimentación de subestación y alimentación de las luminarias de las pistas respectivamente).
- ♦ Distribución secundaria: Trifásica a cuatro hilos, monofásica a tres hilos, subterránea.
- ♦ Voltaje secundario = 220 /127.

b. Las luminarias a instalar tendrán las siguientes características:

**Cuadro 4. Características técnicas de las luminarias de la plataforma.**

VATIAJE	CÓDIGO (ANSI)	VIDA PROMEDIO (Hrs)	TIEMPO DE ENCENDIDO (minutos)	LUMENES INICIALES
ALTA PRESIÓN DE SODIO (Clara)				
1500	M48	24000	3-4	140000

Fuente: Catalogo de luminarias General Electric.

### 3.16 PRUEBAS

A medida que se terminen las diferentes fases de la obra se llevará a cabo las siguientes pruebas cuyos resultados serán comunicados por escrito a la Interventoría mediante formularios y protocolos previamente aprobados.

- a. Se medirá la resistencia de aislamiento entre las fases y entre fase y tierra de cada una de las acometidas.
  
- b. El Contratista comprobará que la carga de cada fase de los tableros no señale un desequilibrio mayor del 10% con respecto a las otras fases. Esta comprobación se realizara con el total de la carga conectada.
  
- c. Todos los ajustes necesarios que sean requeridos en los aparatos para una correcta operación, deberán ser hechos por el Contratista siguiendo las instrucciones del fabricante.

### **3.17 PUESTA EN SERVICIO**

Tan pronto como se encuentre concluido el trabajo eléctrico el Contratista llevará a cabo la puesta en servicio del sistema eléctrico en presencia de la Interventoría e impartirá instrucciones sobre la operación y mantenimiento del sistema al personal asignado por el propietario.

### **3.18 BALANCE DE LOS TRABAJOS.**

Durante la realización de este proyecto las principales actividades a desarrollar serán las siguientes:

- ♦ Excavación y relleno de las zanjas.
- ♦ Cambio, tendido y empalme de ductos.
- ♦ Tendido de cables de media y baja tensión.
- ♦ Ejecución de empalmes, terminales y conexiones de cables.
- ♦ Construcción de cajas de inspección.
- ♦ Instalación y cambio de luminarias en el área de la plataforma y pista de aterrizaje.
- ♦ Adecuación del local de la subestación, y montaje de equipos de la misma.
- ♦ Montaje de transformador en la subestación.
- ♦ Montaje de los tableros de distribución.
- ♦ Verificación de las respectivas protecciones para las cargas especiales.
- ♦ Pruebas.
- ♦ Puesta en servicio.

#### 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL SUMINISTRO DE LOS MATERIALES.

## **4.1 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE TUBERÍA Y ACCESORIOS CONDUIT.**

**4.1.1 Alcance.** Esta especificación cubre los requerimientos básicos para el diseño, la fabricación, pruebas, suministros y garantías para el suministro de tubería conduit y sus accesorios.

**4.1.2 Códigos y normas.** El diseño, fabricación, pruebas y funcionamiento deberá ser de acuerdo con la última revisión de las siguientes normas o códigos donde apliquen:

- ASTM: American Societic for Testing and Materials.
- DIN: Deustche Institute fur Normung.
- IEC: International Electrotechnical Commision.
- NEC: National Electrical Code.
- SAE: Society of Automotive for Engineers.
- UL: Underwriters Laboratories Inc.

**4.1.3 Características generales.** Las tuberías y accesorios conduit incrustadas en las paredes o tendidas sobre cielo raso falso o subterránea serán del tipo denominado rígido no metálico, resistente a la humedad y ambiente químico, retardante a la llama, resistente al impacto, al aplastamiento y a las deformaciones provocadas por el calor, en las condiciones de servicios.

Las tuberías a la vista localizadas en las graderías serán rígidas, metálicas galvanizadas del tipo pesado. Sus accesorios (conduletas, uniones, etc.) serán de fundición de aluminio de bajo contenido de cobre, adecuadamente protegidos contra la corrosión.

**4.1.4 Inspecciones y pruebas.** La tubería conduit portacables estará sujeta a inspección de personal responsable a la interventoría por parte de la entidad encargada de la obra.

- El fabricante suministrara al interventor toda la información requerida.
- La inspección no exime al fabricante de la garantía o responsabilidad.
- Todas las pruebas a realizar por el fabricante durante el proceso de fabricación, deberán ser previamente oficializadas al cliente con su representante, con su protocolo de prueba y deberá informarse de su realización de a este, con una semana de anticipación.

**4.1.5 Garantías.** El fabricante garantizará la tubería conduit para un año de funcionamiento, de acuerdo con las condiciones de servicio.

- El fabricante se comprometerá a reemplazar cualquier elemento defectuoso tan rápido como sea posible.

**4.1.6. Montaje.**

**a)** Instalación. El contratista instalara la tubería conduit y sus accesorios, de acuerdo con lo indicado en los planos. Todos los tubos conduit y sus accesorios deberán ser instalados de acuerdo a lo especificado en el CEN, ICONTEC, Norma 2050, salvo las modificaciones impuestas en los planos de construcción o las que aquí se consignan.

Durante la instalación de la tubería conduit metálica, todo los tramos cortados en obras se escariaran para evitar rebabas. Las roscas hechas durante la obra serán ahusadas y no se permitirá roscas corridas, se limpiaran con pasta de plomo roja o su equivalente antes de acoplarse a otro accesorio.

El contratista deberá tener mucho cuidado con las curvas fabricadas en obra o preparadas en los tramos de conduit, de tal forma que la tubería no sufra ningún tipo de maltrato y no se reduzca su diámetro interior ni presente deformaciones. El mínimo radio de curvatura será de seis veces el diámetro del tubo conduit.

El tendido de la tubería conduit deberá quedar con verticalidad, horizontalidad y alineación correcta.

El contratista suministrara e instalara todos los anclajes, elementos metálicos, etc.; que se necesiten para soportar la tubería

**b)** Tendido de cables. No se permitirá cables o alambres entrelazados dentro de la tubería, ni la ejecución de empalmes dentro del mismo. Los empalmes se utilizaran únicamente en las cajas de empalme, de inspección u otros puntos expresamente asignados para unión de cables.

El contratista no deberá usar lubricantes inertes secos, durante el tendido de los cables en la tubería, solamente se permitirá el uso de los lubricantes especiales para alar cables.

- c) Conexión a tierra. Toda tubería metálica deberá interconectarse firmemente con un conductor de cobre desnudo, cuyo extremo final se conectara al barraje de tierra del tablero.

## **4.2 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS.**

**4.2.1. Alcance.** Esta especificación cubre los requerimientos básicos para el diseño, la fabricación, las pruebas, suministros y garantías para el suministro de los conductores eléctricos y sus accesorios.

**4.2.2. Códigos y normas.** El diseño, fabricación, pruebas y funcionamiento deberá ser de acuerdo con la última revisión de las siguientes normas o códigos donde apliquen:

- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- DIN: Deutsche Institute für Normung.
- IEC: International Electrotechnical Commission.
- NEC: National Electrical Code.

**4.2.3. Montaje.**

- a)** Empalmes y terminales. Los empalmes de los cables especificados para los 600 V. Ó menos, serán cubiertos con dos capas semitraslapadas de cinta aislante Scotch 33 y de cinta de fricción.

El contratista deberá identificar en ambos extremos y en las cajas de acceso, mediante etiquetas con los números de los circuitos asignados en los planos.

Los conectores para empalmes serán de cobre del tipo tubular para ponchar, tipo 3M ó similar apropiado.

Los conductores se dejaran con longitudes adecuadas para permitir un arreglo nítido dentro de los tableros, cajas, etc. . Los terminales serán los apropiados para los equipos y tipos de conductores.

- b)** Radios de curvaturas. Los radios de curvaturas no deberán ser en ningún caso inferior a los mínimos recomendados por los fabricantes. Se deberán evitar dobleces bruscos en las boquillas.

Como regla general, se recomienda que los radios de curvatura sean igual a doce (12) veces el diámetro exterior para cables XLPE y seis (6) para cables THW.

- c)** Código de colores. Fase: negro, rojo y azul.

Neutro: Blanco exclusivamente.

Tierra: Verde ó gris natural.

Esta codificación ha sido estipulada por la norma 2050 de ICONTEC (CEN). Por lo tanto, el color escogido deberá mantenerse a lo largo de toda la instalación.



## 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL SUMINISTRO DE LOS MATERIALES.

### 4.1 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE TUBERÍA Y ACCESORIOS CONDUIT.

**4.1.1 Alcance.** Esta especificación cubre los requerimientos básicos para el diseño, la fabricación, pruebas, suministros y garantías para el suministro de tubería conduit y sus accesorios.

**4.1.2 Códigos y normas.** El diseño, fabricación, pruebas y funcionamiento deberá ser de acuerdo con la última revisión de las siguientes normas o códigos donde apliquen:

- ASTM: American Societic for Testing and Materials.
- DIN: Deustche Institute fur Normung.
- IEC: International Electrotechnical Commision.
- NEC: National Electrical Code.
- SAE: Society of Automotive for Engineers.
- UL: Underwriters Laboratories Inc.

**4.1.3 Características generales.** Las tuberías y accesorios conduit incrustadas en las paredes o tendidas sobre cielo raso falso o subterránea serán del tipo denominado rígido no metálico, resistente a la humedad y ambiente químico, retardante a la llama, resistente al impacto, al aplastamiento y a las deformaciones provocadas por el calor, en las condiciones de servicios.

Las tuberías a la vista localizadas en las graderías serán rígidas, metálicas galvanizadas del tipo pesado. Sus accesorios (conduletas, uniones, etc.) serán de fundición de aluminio de bajo contenido de cobre, adecuadamente protegidos contra la corrosión.

**4.1.4 Inspecciones y pruebas.** La tubería conduit portacables estará sujeta a inspección de personal responsable a la interventoría por parte de la entidad encargada de la obra.

- El fabricante suministrara al interventor toda la información requerida.
- La inspección no exime al fabricante de la garantía o responsabilidad.
- Todas las pruebas a realizar por el fabricante durante el proceso de fabricación, deberán ser previamente oficializadas al cliente con su representante, con su protocolo de prueba y deberá informarse de su realización de a este, con una semana de anticipación.

**4.1.5 Garantías.** El fabricante garantizará la tubería conduit para un año de funcionamiento, de acuerdo con las condiciones de servicio.

- El fabricante se comprometerá a reemplazar cualquier elemento defectuoso tan rápido como sea posible.

#### **4.1.6. Montaje.**

**d) Instalación.** El contratista instalara la tubería conduit y sus accesorios, de acuerdo con lo indicado en los planos. Todos los tubos conduit y sus accesorios deberán ser instalados de acuerdo a lo especificado en el CEN, ICONTEC, Norma 2050, salvo las modificaciones impuestas en los planos de construcción o las que aquí se consignan.

Durante la instalación de la tubería conduit metálica, todo los tramos cortados en obras se escariaran para evitar rebabas. Las roscas hechas durante la obra serán ahusadas y no se permitirá roscas corridas, se limpiaran con pasta de plomo roja o su equivalente antes de acoplarse a otro accesorio.

El contratista deberá tener mucho cuidado con las curvas fabricadas en obra o preparadas en los tramos de conduit, de tal forma que la tubería no sufra ningún tipo de maltrato y no se reduzca su diámetro interior ni presente deformaciones. El mínimo radio de curvatura será de seis veces el diámetro del tubo conduit.

El tendido de la tubería conduit deberá quedar con verticalidad, horizontalidad y alineación correcta.

El contratista suministrara e instalara todos los anclajes, elementos metálicos, etc.; que se necesiten para soportar la tubería

- e) Tendido de cables. No se permitirá cables o alambres entrelazados dentro de la tubería, ni la ejecución de empalmes dentro del mismo. Los empalmes se utilizarán únicamente en las cajas de empalme, de inspección u otros puntos expresamente asignados para unión de cables.

El contratista no deberá usar lubricantes inertes secos, durante el tendido de los cables en la tubería, solamente se permitirá el uso de los lubricantes especiales para alar cables.

- f) Conexión a tierra. Toda tubería metálica deberá interconectarse firmemente con un conductor de cobre desnudo, cuyo extremo final se conectara al barraje de tierra del tablero.

## **4.2 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS.**

**4.2.1. Alcance.** Esta especificación cubre los requerimientos básicos para el diseño, la fabricación, las pruebas, suministros y garantías para el suministro de los conductores eléctricos y sus accesorios.

**4.2.2. Códigos y normas.** El diseño, fabricación, pruebas y funcionamiento deberá ser de acuerdo con la última revisión de las siguientes normas o códigos donde apliquen:

- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- DIN: Deutsche Institute für Normung.
- IEC: International Electrotechnical Commission.
- NEC: National Electrical Code.

#### **4.2.3. Montaje.**

**d)** Empalmes y terminales. Los empalmes de los cables especificados para los 600 V. Ó menos, serán cubiertos con dos capas semitraslapadas de cinta aislante Scotch 33 y de cinta de fricción.

El contratista deberá identificar en ambos extremos y en las cajas de acceso, mediante etiquetas con los números de los circuitos asignados en los planos.

Los conectores para empalmes serán de cobre del tipo tubular para ponchar, tipo 3M ó similar apropiado.

Los conductores se dejarán con longitudes adecuadas para permitir un arreglo nítido dentro de los tableros, cajas, etc. . Los terminales serán los apropiados para los equipos y tipos de conductores.

**e)** Radios de curvaturas. Los radios de curvaturas no deberán ser en ningún caso inferior a los mínimos recomendados por los fabricantes. Se deberán evitar dobleces bruscos en las boquillas.

Como regla general, se recomienda que los radios de curvatura sean igual a doce (12) veces el diámetro exterior para cables XLPE y seis (6) para cables THW.

**f)** Código de colores. Fase: negro, rojo y azul.

Neutro: Blanco exclusivamente.

Tierra: Verde ó gris natural.

Esta codificación ha sido estipulada por la norma 2050 de ICONTEC (CEN). Por lo tanto, el color escogido deberá mantenerse a lo largo de toda la instalación.

#### **4.3 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LUMINARIAS.**

**4.3.1 Alcance.** Esta especificación cubre los requerimientos técnicos para el diseño, la fabricación, pruebas, suministro y garantías para el suministro de luminarias y sus accesorios.

**4.3.2 Códigos y normas.** A menos que se especifique lo contrario, el diseño, fabricación, pruebas y funcionamiento deberá ser de acuerdo con la ultima revisión de las siguientes normas ó códigos donde apliquen:

- NEC: National Electrical Code. (NFPA # 70).
- NEMA: National Electrical Manufacturers Association.
- ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
- UL: Underwriters Laboratories.
- CSA : Canadian Standards Association.

Todas las luminarias deberán cumplir con las exigencias más rigurosas de cualquiera de estas normas.

Los materiales serán en todos los aspectos apropiados para las condiciones de servicio industrial.

#### 4.3.3 Características generales.

a) **Sodio de 1000 W / 208 V.** Proyector circular de sodio de 1500, para servicio pesado, constituido por los siguientes elementos:

- Cobertura de aluminio adonizado corrugado, que permita fácil limpieza y mantenimiento.
- Comportamiento aislado para el balasto permitiéndole una operación ventilada, para mayor duración del mismo.
- El arrancador también va aislado para mantener una larga vida útil.
- Direccionador vertical del haz de la luminaria para rápida y precisa ubicación de la iluminación.
- Preciso indicador de direccionamiento horizontal que ayuda a disminuir el tiempo de instalación.
- El anillo de fijación del lente es de acero inoxidable para trabajo duro.
- Los vidrios son templados a prueba de choque térmico e impacto.
- Sello de silicona de alta calidad y resistente a las temperaturas.
- Filtro contra suciedad para reducir la contaminación de la luminaria.

- La estructura soporte de la luminaria provee alta resistencia, buena alineación y sencilla instalación.
- El portalámparas es de Níquel, rosca tipo de mogul para trabajo pesado asegurando posicionamiento adecuado de la lámpara.
- Cumple las normas (U.L. 1572) con un índice de protección de IP 55.

**4.3.4 Inspecciones y pruebas.** Las luminarias estarán sujetas inspección de personal a cargo de la Interventoría por parte de la entidad encargada de la obra antes de su entrega.

- El fabricante suministrara al interventor toda la información requerida.
- La inspección no exime al fabricante de la garantía o responsabilidad.

Todas las pruebas a realizar por el fabricante durante el proceso de fabricación, deberán previamente oficializadas al cliente o su representante, con sus protocolos de pruebas y deberá informarse de su realización a este, con una semana de anticipación.

**4.3.5 Garantías.** El fabricante garantizara las luminarias para un año de funcionamiento, de acuerdo con las condiciones de servicio.

El fabricante se comprometerá a reemplazar cualquier elemento defectuoso tan rápido como sea posible.



**4.3.6 Montaje.** El contratista instalará y conectará todas cajas de distribución, luminarias y soportes, como se indica en estas especificaciones y de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

Las luminarias serán del tipo indicado en los planos, el balasto para las luminarias de descarga estará fabricado para funcionar satisfactoriamente con una variación de la tensión nominal de  $-10\%$  y  $+15\%$ , sin que ocurra calentamiento excesivo y sin que se produzca la extinción del arco. La orientación de las luminarias será indicada en las memorias de cálculos.

Todos los empalmes y ramificaciones para iluminación, se harán con conectores aislados sin soldar y las uniones asegurarán eléctrica y mecánicamente. No se permitirán empalmes en ramales a no ser que se hagan en cajas de conexión o accesorios que sean permanentemente accesibles.

#### **4.4 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.**

**4.4.1 Alcance.** Esta especificación cubre los requerimientos técnicos para el diseño, la fabricación, pruebas, suministro y garantías de los tableros de distribución de alumbrado y sus accesorios.

- Esta especificación es complementada con los diagramas de cada tablero.
- Esta especificación es una parte integral de la correspondiente requisición de materiales. El número y características de cada uno de los tableros de distribución serán indicados en la requisición de materiales.
- Cualquier excepción de esta especificación y/o de la requisición de los materiales deberá ser claramente indicada por los fabricantes.

**4.4.2 Códigos y normas.** El diseño, fabricación, pruebas y funcionamiento deberá ser de acuerdo con la última revisión de las siguientes normas o códigos donde se aplique, a menos que se especifique lo contrario:

- **NEC:** National Electrical Code. (NFPA # 70).
- **NEMA:** National Electrical Manufacturers Association.
- **ICONTEC:** Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
- **ANSI :** American National Standard Institute.
- **IEEE :** Institute of Electrical and Electronic Engineers.
- **NFPA :** National Fire Protection Association.

Todo el equipo cumplirá con las exigencias más rigurosas de cualquiera de estas normas.

Los materiales serán de la mas alta calidad y el acabado deberá ser, en todos los aspectos, apropiados para las condiciones de servicio industrial.

#### **4.4.3 Características generales.** Tensión 220 V, trifásico; 4 hilos, 60 Hz.

- Los tableros de distribución a niveles de 208 V., como sus componentes deberán ser construidos con equipos normalizados, con el fin de facilitar la consecución de los repuestos.
- El arreglo y estructura de las barras debe permitir expansiones en ambos sentidos.

#### **4.4.4 Características constructivas.**

**4.4.1.1 Generalidades.** Las cajas de los tableros deberán ser suficientemente amplias para permitir su conexión, inspección y desensamblaje.

- ♦ Las conexiones de los circuitos deberán ser indicadas apropiadamente.
- ♦ Los tableros deberán ser en laminas de acero Cold-rolled calibre 14, con puerta sencilla y además cerradura con llave.
- ♦ Los tableros deberán tener lamina que permita la operación de los interruptores desde el frente y a su vez evitar los contactos involuntarios durante la manipulación. Deberán ser NEMA 12.
- ♦ Los interruptores deberán ser removidos individualmente para su reemplazo sin interferir la operación normal de los interruptores adyacentes.
- ♦ Los tableros podrán ser del tipo de sobreponer o autosoportados, según lo amerite la cantidad de interruptores. Deberán ser a prueba de humedad y polvo.
- ♦ Los tableros deberán suministrarse con medios adecuados de izaje.
- ♦ Las partes metálicas de las puertas, tapas, caja de cada tablero deberán tener conexiones a tierra en el barraje de tierra del tablero.

**4.4.4.2 Barraje y Conectores.** Los barrajes deberán ser de cobre, estarán lo suficientemente aislados y soportados fijamente.

- ♦ Deberán tener capacidad para soportar las corrientes de cortocircuito, correspondientes a las más altas corrientes de interrupción de los interruptores conectados.
- ♦ El barraje del neutro deberá poseer un sin número de perforaciones y tornillos para conexión independiente de los diferentes circuitos, requieran del mismo.

- ♦ Los materiales aislantes deberán mantener sus propiedades físicas y eléctricas indefinidamente bajo las condiciones de cortocircuitos.

**4.4.4.3 Interruptores.** Los totalizadores deberán ser trifásicos con control termomagnéticos para sobrecarga y cortocircuito.

- ♦ Los interruptores serán del tipo caja moldeada.
- ♦ Los contactos principales se construirán en material altamente resistente a la corriente de cortocircuito.

**4.4.4.4 Placa de identificación.** Cada tablero deberá tener una placa de identificación con letras blancas en fondo negro montado en el centro.

Todos los letreros deberán estar en el idioma español.

**4.4.5 Inspecciones y pruebas.** Los tableros de distribución estarán sujetos a inspección del personal responsable de la Interventoría por parte de la entidad encargada de la obra.

- ♦ El fabricante suministrará al interventor toda la información requerida.
- ♦ La inspección no exime al fabricante de la garantía o responsabilidad.
- ♦ Todas las pruebas a realizar por el fabricante durante el proceso de fabricación, deberán ser previamente oficializadas al cliente o su representante, con sus protocolos de pruebas y deberá informarse de su realización a éste, con una semana de anticipación.
- ♦ Si el fabricante no tiene la posibilidad de hacer pruebas en su taller deberá indicarlo expresamente.

**4.4.6 Garantías.** El fabricante garantizará los tableros para un año de funcionamiento, de acuerdo con las condiciones de servicio.

- ♦ El vendedor se comprometerá a reemplazar cualquier elemento defectuosos tan rápido como sea posible.

**4.4.7 Montaje.** Los tableros de alumbrado y tomacorriente se instalarán incrustados en muro, mientras las condiciones físicas lo permitan a una altura de 1.5 mts. del piso terminado.

Solamente se retirarán las láminas de las perforaciones de acceso necesarios para la entrada de la tubería de acometidas y de los circuitos parciales. No se deben retiran tampoco las láminas de los espacios de reserva, a menos que se dejen instalados los interruptores correspondientes.

#### **4.5 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO DE LOS TRANSFORMADORES.**

**4.5.1 Alcance.** Esta especificación cubre los requerimientos técnicos para la fabricación, suministros y garantías para el transformador de la subestación (112.5 KVA).

- ♦ Estas especificaciones establecen las condiciones mínimas requeridas.

NOTA: Cualquier desviación de ésta especificación de materiales, deberá ser previamente indicada por el fabricante.

**4.5.2 Códigos y normas.** A menos que se especifique lo contrario, los transformadores estarán de acuerdo con todas las partes aplicables de la última revisión de los siguientes códigos y normas:

- **NEC:** National Electrical Code (ICONTEC, Norma 2050)
  - **ANSI:** American National Standard Institute
  - **OSHA:** Occupational Safety and Health-Act
  - **NFPA:** National Fire Protection Association
  - **NEMA:** National Electrical Manufacturers Association
- 
- ♦ Los transformadores deberán cumplir con las exigencias mas rigurosas de cualquiera de éstas normas.
  - ♦ Los materiales empleados en la fabricación de los transformadores serán en todos los aspectos apropiados para las condiciones de servicio.

**4.5.3. Condiciones de entrega.** El transformador será suministrado a través de una empresa distribuidora de equipos eléctricos, en una marca de reconocida calidad, que cumpla con las características técnicas exigidas y el suministro de repuestos. Como los transformadores en ésta potencia se fabrican bajo pedido, se llegará a un acuerdo previo del tiempo de entrega y se firmará la respectiva cláusula de cumplimiento.

#### **4.5.4 Transformador con aislamiento en aceite.**

##### **4.5.4.1 Características generales.**

- ♦ El transformador será del tipo sumergido en aceite, para montaje autoportado.
- ♦ Los terminales del transformador deberán estar dentro de su propio encerramiento, claramente identificados.
- ♦ El transformador deberá tener encerramiento tipo NEMA 4 para uso interior en lugares húmedos (ambiente corrosivo).

El núcleo estará formado por capas de hierro magnético de silicio de grano orientado, los devanados en cobre electrolítico. Una vez instalado en el tanque, debe estar conectado a tierra para evitar la presencia de tensiones capacitivas.

Las chapas de las columnas serán de lámina, una vez cortadas, se agrupan en paquetes de sección cruciforme con corte a 45° y poseer una sección escalonada para dar forma una sección circular acorde a la forma cilíndrica de las bobinas.

- ♦ Todos los pasatapas o bujes de alta y baja tensión deberán estar contruidos de acuerdo a las normas DIN 42531 y 42530, y deben cumplir lo estipulado por las normas ICONTEC, ASA y NEMA. El material aislante debe ser de porcelana sólida, completamente vitrificado y para el sellado entre tanque y herraje se deben emplear empaques de caucho sintético, resistente al aceite y la intemperie.
- ♦ El aislamiento de las primeras y últimas capas de bobinas deberán reforzarse con el fin de resistir las cargas eléctricas permanentes y las sobretensiones causadas por ondas errantes, frentes de onda, descargas atmosféricas o por conexión o desconexión del transformador.
- ♦ Los transformadores deberán ser ajustados y reforzados adecuadamente, con el fin de no permitir ruidos por ajuste en los entrehierros.
- ♦ El tanque principal deberá estar conformado por chapas lisas de láminas soldadas entre sí. Las soldaduras utilizadas en las uniones de los tanques, deberán presentar excelentes comportamientos mecánicos a la tracción, elasticidad, impacto y dureza, lo cual garantizará la resistencia a las altas presiones; se tiene especial cuidado en su presentación, penetración y ausencia de poros mediante estrictos chequeos durante el proceso de fabricación, o en su defecto, la celda para arrojar el transformador será autosoportada en lámina Cold-Rolled calibres 14 y 16, con proceso químico de fosfatado o bonderizado, acabado final en

pintura color gris (o la recomendada por el cliente), con un grado de protección para uso interior NEMA tipo 1. Estará conformada por tapas atornilladas fácilmente removibles, las inferiores, frontales y posteriores son fabricadas en malla, y las superiores con troquelados, con el fin de tener una buena ventilación y circulación de aire.

- ♦ El transformador deberá poseer un conmutador (Taps) de accionamiento bajo carga de contactos escalonados, los cuales funcionarán según el sistema Jansen.
  
- ♦ El transformador poseerá un termómetro de contactos con indicación de máxima temperatura, para dar una señal de alarma ( $85^{\circ}$  C) o para desconectar el transformador de la red, en caso de alcanzarse la temperatura límite de funcionamiento del aceite ( $100^{\circ}$  C). La capacidad de conexión de los contactos será de 2.5 Amp.
  
- ♦ El transformador se suministrará con los siguientes accesorios:
  - (1) Un juego de orejas para su levantamiento.
  - (1) Un accionamiento conmutador.
  - (1) Un juego de ruedas orientables.
  - (1) Un borne de conexión a tierra.
  - (1) Un indicador del nivel de aceite.
  - (1) Un dispositivo de purga.
  - (1) Un estuche para termómetro.
  - (1) Un grupo de radiadores.
  - Placas características.

#### **4.5.4.2 Características eléctricas.**



- ♦ Tensión nominal primaria, 13.2 KV.
- ♦ Tensión nominal secundaria, 208/120 V.
- ♦ Número de fases, 3.
- ♦ Taps en el primario,  $\pm 2 \times 2.5\%$ .
- ♦ Grupo de conexión,  $D_{y5}$ .
- ♦ Nivel de aislamiento, NEMA 4.
- ♦ Temperatura máxima,  $150^{\circ}\text{C}$ .
- ♦ Máximo nivel de ruido a un metro, 60 db.

**4.5.5 Inspecciones y pruebas.** Todos y cada uno de los transformadores serán aprobados según las normas:

- ICONTEC 375, 471, 818, 819, 837, 1005 y 1031.
- IEC 76.
- ♦ Los resultados de las pruebas se consignarán en un cuadro de protocolo de pruebas. El esqueleto del mismo, será el recomendado por la norma ICONTEC 1358, o similar.
- ♦ Los transformadores serán sujetos a inspecciones durante su fabricación y antes de la entrega.
- ♦ La inspección no exime al fabricante de la garantía o responsabilidad.
- ♦ Todas las pruebas a realizar durante el proceso de fabricación, deberán ser previamente oficializadas al cliente o su representante, con sus protocolos de pruebas y deberá informarse de su realización a éste, con una semana de anticipación.

**4.5.6 Placa característica.** Los transformadores deberán poseer una placa de características, adherida a él (irá remacha o pernada, nunca pegada), en la cuál se indican los valores de magnitudes nominales y otros datos esenciales. El material deberá ser resistente a la intemperie y las inscripciones serán indelebles.

La disposición de las placas características, deberán llevar grabadas como mínimo y acorde a la norma ICONTEC 618:

- ♦ Nombre del fabricante.
- ♦ Tipo de transformador.
- ♦ Norma que cumple.
- ♦ Nivel de aislamiento.
- ♦ Potencia nominal.
- ♦ Año de fabricación.
- ♦ Número de fases.
- ♦ Frecuencia nominal.
- ♦ Clase de aislamiento.
- ♦ Tensión primaria.
- ♦ Tensión secundaria.
- ♦ Conexión.
- ♦ Corriente primaria.
- ♦ Corriente secundaria.
- ♦ Refrigeración.
- ♦ Tensión de cortocircuito.
- ♦ Corriente de cortocircuito.
- ♦ Peso total.
- ♦ Temperatura ambiente.

- ♦ Altitud.

**4.5.7 Garantías.** El fabricante garantizará los transformadores por término de un (1) año contra defecto de fabricación. Toda reparación imputable será por parte del fabricante, debiendo proveer tanto los materiales como la mano de obra.

- ♦ El fabricante se comprometerá a reemplazar cualquier elemento tan rápido como sea posible.

**4.5.8 Despacho y transporte.** La entrega de los equipos se hará en las instalaciones del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez.

- ♦ El suministro se efectuará con el tanque principal de los transformadores lleno de aceite.
- ♦ Los equipos se deberán transportar en una estructura de madera.
- ♦ El fabricante indicará los requisitos físicos de instalación, tales como espacio mínimo, ventilación, etc.

#### **4.6 ESPECIFICACIONES PARA EL SUMINISTRO DE LAS CELDAS.**

**4.6.1 Alcance.** Esta especificación describe los requisitos técnicos, de construcción y selección de las celdas que se instalarán en la subestación del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez.

**4.6.2 Normas y códigos.** La construcción y pruebas de las celdas se regirán según las siguientes normas o códigos, donde se apliquen:

- ♦ ASTM: American Society for Testing and Materials
- ♦ DIN: Deutsche Institute für Normung
- ♦ IEC: International Electrotechnical Commission
- ♦ NEC: National Electrical Code
- ♦ NEMA: National Electrical Manufacturers Association
- ♦ UL: Underwriters Laboratories Inc.

**4.6.3 Características de construcción.** Las celdas estarán diseñadas para alojar equipos de protección, seccionamiento, medida, en media hasta 15 KV.

- ♦ Las celdas estarán conformadas por armazones contruidos en perfiles especiales en aluminio estructural, completamente desarmables y diseñadas para soportar grandes esfuerzos eléctricos y mecánicos.
- ♦ Sobre las estructuras de las celdas se soportará el recubrimiento en chapas de acero laminado en frío, calibres 14 y 16, sometidas a tratamientos químicos de desengrase, limpieza y fosfatizado, y protegidas con pintura anticorrosiva y con un acabado de pintura acrílica horneable de alta dureza.
- ♦ Las celdas estarán provistas de puertas frontales abisagradas con chapas de cierre en tres puntos y llave.
- ♦ En la celda del seccionador se incluirá un cubículo especial para alojar el contador de energía activa y una plataforma para el soporte de los transformadores de corriente y potencial.
- ♦ Deberán poseer ventanilla de inspección con vidrio que permita observar la posición de conectado o desconectado del seccionador, el estado de los fusibles, la fácil lectura del contador, así como el estado del transformador, en sus respectivas celdas.
- ♦ El comportamiento de los contadores y baja tensión estarán aislados completamente de la parte de media tensión por una caja que los encerrará.

**4.6.4 Inspecciones y pruebas.** Las celdas estarán sujetas a inspecciones durante su fabricación y antes de la entrega.

- ♦ La inspección no exime al fabricante de la garantía o responsabilidad.
  
- ♦ Todas las pruebas a realizar por el fabricante durante el proceso de fabricación, deberán ser previamente oficializadas al cliente o su representante, con sus protocolos de pruebas y deberá informarse de su realización a éste, con una semana de anticipación.

**4.6.5 Garantías.** El fabricante garantizará las celdas para un año de funcionamiento, de acuerdo con las condiciones de servicio.

- ♦ El vendedor se comprometerá a reemplazar cualquier elemento defectuoso tan rápido como sea posible.

#### **4.7 ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SUBESTACIÓN.**

Para el montaje deberán tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a. El contratista deberá montar las celdas blindadas y los tableros de distribución de acuerdo con los planos y detalles suministrados. Así mismo, se deberán conectar los circuitos eléctricos internos que hayan sido desconectados para el transporte, instalar los que no hayan sido instalados en la fábrica y hacer todas las conexiones necesarias entre celdas de M.T. y transformador y entre transformador y tableros de distribución de B.T.

- b. Se deberá examinar cuidadosamente todos los instrumentos y componentes eléctricos de las celdas de M.T. y tableros de distribución de B.T. y comprobar su correcto estado de condiciones de operación.
- c. El contratista deberá asumir la responsabilidad de todos los daños o fallas que puedan ocasionarse al equipo por ensamblaje o reemplazar equipo averiado, a su costa, a no ser que pueda comprobarse que tales daños o fallas se deben a materiales defectuosos.
- d. El contratista instalará el transformador de distribución en el lugar y posición indicados en los planos de diseño.
- e. Todos los aparatos deberán quedar sólidamente aterrizados.

**4.7.1 Entradas.** Las puertas de entrada tendrán cerraduras y se mantendrán cerradas. Se permitirá el acceso solamente a personas calificadas. Las cerraduras y cerrojos se dispondrán de forma que las puertas puedan ser abiertas desde adentro de manera fácil y rápida.

**4.7.2 Ventilación.** La ventilación de la subestación estará de acuerdo a la norma COVENIN 536.

Las aberturas de ventilación se ubicarán lo más lejos posible de puertas, ventanas y materiales combustibles.

Las aberturas de ventilación estarán cubiertas con pantallas, rejas o ramanillas de tipo duradero, de acuerdo con las condiciones requeridas con el objeto de evitar condiciones inseguras.

**4.7.3 Drenaje.** Se deberá construir un drenaje o cualquier otro medio que evacúe la acumulación de aceite o agua dentro de la subestación.

**4.7.4 Señalización.** El área ocupada por la subestación deberá poseer determinadas señalizaciones que determinen la zona como lugar de alto riesgo, y evitar el contacto con ella.

#### **4.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL SUMINISTRO DE LOS SECCIONADORES.**

Los seccionadores encargados del corte de la corriente, contarán con un aislamiento en aire destinado al corte bajo carga y protección del transformador en la subestación. Responderá a todas las exigencias y requerimientos de la distribución pública e industrial en media tensión.

El seccionador será de tipo tripolar para operación bajo carga y con portafusibles, asegura la protección contra cortocircuitos y tendrá apertura tripolar al fundirse uno cualquiera de los fusibles.

Su construcción será simple y robusta y deberá impedir el cierre si el fusible posee el percutor disparado.

**4.8.1 Normas.** Los seccionadores deberán ser aprobados y diseñados de acuerdo con las normas IEC 265-1 y 420.

Deberán corresponder a la categoría B que deben cumplir 100 maniobras de apertura y cierre a corriente nominal  $\text{Cos } \theta = 0.7$ .

#### 4.8.2 Características técnicas.

Tensión nominal KV.	175.5
Frecuencia nominal Hz.	60
Corriente nominal A	630
Nivel básico de aislamiento Kv.	
Entre fases y chasis	95
Entre entrada y salida	110
Rigidez dieléctrica a frecuencia industrial 1mn. Kv.	
Entre fases y chasis	38
Entre entrada y salida	45
Poder de corte con fusible KA	40
Número de maniobras	
Mecánicas	1000
Eléctricas	100
Fusibles	
Corriente nominal A	40
Tensión nominal KV.	20

**4.8.3 Inspecciones y pruebas.** Los seccionadores estarán sujetos a inspección del personal a cargo de la Interventoría por parte de la entidad encargada de la obra antes de la entrega.



- ♦ El fabricante suministrará al interventor toda la información requerida.
- ♦ La inspección no exime al fabricante de la garantía o responsabilidad.
- ♦ Todas las pruebas a realizar durante el proceso de fabricación, deberán ser previamente oficializadas al cliente o su representante, con sus protocolos de pruebas y deberá informarse de su realización a éste, con una semana de anticipación.

**4.8.4 Garantías.** El fabricante garantizará los seccionadores para un año de funcionamiento, de acuerdo con las condiciones de servicio.

- ♦ El fabricante se comprometerá a reemplazar cualquier elemento defectuoso tan rápido como sea posible.

#### **4.9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL SUMINISTRO DE LAS VARILLAS DE PUESTA A TIERRA.**

- ♦ Las varillas de puesta a tierra del sistema, deberán ser fabricadas en cobre refinado de alta pureza y conductividad, bajo normas ICONTEC 2206 y ANSI UL 467, las cuales asegurarán la disipación oportuna de las corrientes de cortocircuito.
- ♦ Deberán poseer alta resistencia a la corrosión química y garantizar larga vida útil.
- ♦ Las varillas de puesta a tierra serán del tipo entera CC-E o CC-S 5/8" x 2.40 m., además poseerán un conector de referencia CC-5/8".

- ♦ El conector y su tornillo deberán ser totalmente de bronce para evitar la corrosión química causada por el par galvánico y asegurar la unión eléctrica permanente y confiable. El tornillo deberá ser de impacto grado 2, cuya referencia es CC-5/8"x 1 1/2", que soporte a la fuerza de impacto del martillo.

#### **4.10 ESPECIFICACIONES PARA EL MONTAJE DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA.**

El sistema de tierra para la construcción, tendrá una resistencia máxima de 5 ohmios y consistirá de la malla de puesta a tierra enterrada directamente debajo de la subestación y de los elementos de tierra conformados con varillas Copperweld entrelazadas con el conductor de cobre desnudo.

Todas las partes de la malla de puesta a tierra deberán protegerse convenientemente durante la instalación. Los conductores deberán mantenerse adecuadamente asegurados en su posición para evitar desplazamientos durante las diferentes actividades de la construcción, hasta la terminación de la obra.

Las conexiones del cable de tierra a las varillas de puesta a tierra, a las colas de conexiones de equipos y los empalmes del conductor de tierra, se harán por medio de soldaduras exotérmicas por procedimientos Cadweld, de acuerdo con las instrucciones contenidas en los folletos explicativos del fabricante.

Los conductores de conexión a tierra y los conductores serán limpiados cuidadosamente con cepillo de alambre en sus puntos de conexión, antes de efectuar los empalmes y conexiones. No se aceptará la limpieza con ácido.

Todos los sistemas de tuberías conduit galvanizada, cajas, partes mecánicas de equipos eléctricos y el secundario del neutro del transformador deberán ser puestos a tierra.

El conjunto metálico de la subestación, será conectado a la malla en dos partes al menos, utilizando cable desnudo 250 MCM.

La disposición de los cables de tierra deberá presentar, en todos los casos, un aspecto estético y de buen acabado.

## **5. CIRCUITOS ELECTRICOS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION DE LA PISTA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ.**

### **5.1 CLASES DE CIRCUITOS**

**5.1.1 Circuito en Serie.** La configuración que se utiliza para los circuitos eléctricos de los sistemas de iluminación de la pista, es la de un conjunto de bucles de circuitos en serie en alta tensión con transformadores de aislamiento, en serie para cada luminaria, alimentando cada circuito desde la subestación eléctrica.

El circuito en serie consiste en un bucle continuo que empieza y termina en la fuente de energía eléctrica de la subestación. Si se conectase una fuente de tensión constante a la entrada de la carga, la corriente del circuito aumentaría o disminuiría con la disminución o aumento de la carga respectivamente; para tal fin se utiliza unos reguladores de corriente constante que mantienen invariable ésta, independientemente de la carga del circuito. Teniendo en cuenta lo anterior, significa que, la corriente que circula por un circuito va a ser la misma independientemente de la longitud del circuito y se mantendrá sin variación aunque falle cualquiera de las luminarias.

Si la corriente es constante significa que un cortocircuito en la salida del regulador de corriente constante representa una condición de ausencia de carga y un circuito abierto una condición de sobrecarga.

Como de todo es conocimiento, en todo circuito en serie sencillo cuando se conectan directamente cualquier lámpara, la falla de una lámpara ocasiona la apertura de dicho circuito, en consecuencia, para que no ocurra este caso en el sistema de iluminación de la pista, se emplearán unos transformadores de aislamiento que harán parte de cada luminaria o elemento.

Teniendo en cuenta las anteriores características, los circuitos en serie presentan ventajas tales como:

- a) Como todas las lámparas trabajan con la misma corriente, estas presentan la misma intensidad, factor este muy importante para cualquier sistema de iluminación de la pista; ya que la configuración de éstos, proporciona una información orientativa para el piloto de cualquier aeronave.
- b) Se puede usar para todo el circuito, un mismo cable con un solo conductor de diámetro y capacidad de tensión del aislamiento invariable;
- c) También es posible regular la intensidad de las luces dentro de un margen bastante amplio; dependiendo de las condiciones mínimas de visibilidad.
- d) Como se menciono anteriormente, el circuito puede tener una avería a tierra en cualquier punto sin que por ello quede afectado el funcionamiento de las demás luces.

Pero como nada es perfecto, los circuitos en serie también presentan sus desventajas, tales como:

- a) Los costos de su instalación en principio resultan bastante costosos por los diferentes accesorios que él lleva. (Transformadores de Aislamiento, Regulador de Corriente Constante).
- b) Si tiene lugar una apertura del circuito en cualquier punto, como se menciono anteriormente, se produce una sobrecarga que pone fuera de servicio el circuito y lo más seguro es que dañe el aislamiento del cable o al regulador de corriente constante.

Pero con todas las anteriores desventajas, los circuitos eléctricos en serie siempre se van a emplear para todos los sistemas de iluminación de Pista de aeropuertos, incluyendo el aeropuerto Internacional Rafael Nuñez.

**5.1.1.1 Selección de corriente.** El desarrollo de los distintos equipos que se utilizan en un circuito en serie, ha limitado la corriente a 6.6 ó 20 Amperios como la máxima corriente nominal. Cualquiera de estos dos valores de corriente se pueden transportar por cables con aislamiento para 5000 voltios con conductores de 4 mm de diámetro (Calibre No 6 AWG) sin que se produzca un aumento excesivo de la temperatura (efecto joule). La carga de los reguladores de corriente constante de los circuitos en serie debe ser como mínimo la mitad de la capacidad nominal de los mismos.

Los circuitos de 6.6 amperios se utilizan cuando las cargas eléctricas son pequeñas y los circuitos son bastante largos. (Luces de borde y de eje de pista) y los circuitos de 20 amperios se utilizan en circuitos cortos pero con cargas relativamente altas (Luces de zona de toma de contacto y de aproximación).

Hay que aclarar, que las lamparas de los diferentes sistemas no determinan la corriente de los circuitos, ya que después que se seleccionen correctamente los transformadores de aislamiento, se pueden usar lamparas de 6.6 amperios en circuitos de 20 amperios y viceversa.

**5.1.1.2 Circuitos Eléctricos del Sistema de Iluminación de Aproximación y de Pistas.** Todo sistema de iluminación de aproximación y de pistas deben tener como mínimos dos circuitos intercalados entre sí (Ver figuras de la No. 9 a la No. 17), esto con el fin de mejorar la integridad. Cada circuito en un servicio intercalado debe extenderse en todo el conjunto de su servicio y estar dispuesto en forma tal que, en el caso de falla de uno ó más circuitos, siga quedando una iluminación simétrica y equilibrada.

Las luces de umbral suelen formar parte de circuitos independientes. Las de eje de pista deben intercalarse de tal forma que no perturben el código de colores de esas luces. Los tramos de las luces de eje de pista blanco sólo y de rojo sólo, se pueden intercalar, como lo muestra la figura No 15. Las normas de la OACI exigen que para los sistemas de eje de pista en el tramo de ella que va desde el punto a 900 m del extremo de la pista hasta el punto a 300 m del extremo de la pista, sean luces blancas y rojas alternativamente variables con la única salvedad de que las del eje de la pista se hallen espaciadas por pares alternativos de luces blancas y rojas variables a 7.5 m.

**5.1.1.3 Sistemas Visuales Indicadores de Pendiente de Aproximación.** Estos sistemas deben tener dos (2) circuitos por cada extremo de la pista. Como en el caso del aeropuerto Internacional Rafael Nuñez, el sistema visual indicador de pendiente de aproximación son PAPIS, se conectan una parte de cada unidad luminosa a un circuito y el resto de ellas al otro circuito, para mantener la integridad de la configuración aún con menor intensidad.

**5.1.1.4 Puesta a Tierra.** Todos los equipos del centro de control/distribución deben estar a tierra. También debe llevarse un hilo de tierra desde los centros de distribución a los cables de los circuitos en serie. A este hilo se conectará el secundario de todos los transformadores de aislamiento. El hilo de toma de tierra debe estar situado por encima de los cables del circuito y en un conducto más próximo a la superficie o en la misma zanja, a no menos de 10 cm por encima del cable superior. Se utilizan como hilos de toma de tierra conductores desnudos.

**5.1.1.5 Reguladores de Corriente Constante.** La energía eléctrica de todos los sistemas de iluminación de la pista del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez será suministrada por un regulador de corriente constante (uno por circuito). Estos reguladores de corriente constante están en la capacidad de suministrar una salida a corriente constante independiente de la carga que se conecta a él y de la tensión de alimentación. En virtud de su mismo diseño, los reguladores de corriente están en al capacidad de suministrar dos o más corrientes de salida cuando hay que reducir la intensidad de las luces. A continuación se enuncia los tipos de reguladores de corriente constante que más se utilizan:

- a) Reguladores de Bobina Móvil: Estos reguladores son los que antiguamente más se utilizaban; contienen bobinas primarias y secundarias independientes, cada una de las cuales puede moverse independiente la una de la otra, lo que hace que varíe la reactancia de dispersión magnética de los circuitos de entrada y de salida. Esta reactancia se ajusta automáticamente a un valor que, al sumarse a la impedancia de carga, permita una corriente constante. La corriente de salida deseada genera una fuerza de repulsión que deja flotando a la bobina móvil en la posición que da origen a esta corriente. En virtud de estas circunstancias, se alcanza una condición de equilibrio mecánico cuando la fuerza de repulsión equilibra exactamente al peso de la bobina de la bobina móvil. Por lo tanto todo cambio de carga ó de tensión de entrada encuentra una inmediata oposición en el movimiento de la bobina flotante para establecer el equilibrio electromecánico.

El control de la intensidad se consigue usando un transformador con taps colocados a la salida del regulador.

Estos reguladores de corriente presentan la desventaja del movimiento mecánico de las bobinas y los bajos factores de potencia con cargas inferiores a la nominal; por ejemplo: si la carga es el 50% (mínima carga permitida) del valor nominal, el factor de potencia puede alcanzar hasta un 75% ó menos.

- b) Reguladores Monocíclicos Cuadráticos: estos reguladores son del tipo estático, es decir, carecen de piezas móviles. En él, la red reguladora de corriente consiste en dos bobinas inductivas y dos capacitivas, cada una de las cuales tiene la misma reactancia (resonancia) a la frecuencia de la energía eléctrica, que están dispuestos en circuito puente. El control de la intensidad se realiza similar al de bobina móvil ósea, un transformador con taps a la salida del regulador.

Al contrario del regulador anterior, carece de partes móviles y tiene un alto factor de potencia, por el contrario, presenta falta de compensación a las variaciones de tensión de entrada y los efectos adversos sobre la regulación motivada por las cargas, hacen que aparezcan altas frecuencias armónicas en el circuito resonante, como son los secundarios en circuito abierto de los transformadores de aislamiento en serie y las lamparas de vapor gaseoso.

- c) Reguladores de Corriente Constante con Control de Estado Sólido: Estos reguladores emplean circuitos de estado sólido de C.A. para controlar la reactancia de dispersión de los transformadores. La técnica permite el uso de bajos niveles de control para obtener de los reguladores una corriente eléctrica constante con las características eléctricas de los circuitos de resonancia en serie a tensión constante. Estos controles de estado sólido permiten disponer de unos reguladores compactos de repuesta rápida y elevado factor de potencia, con la posibilidad de un fácil mantenimiento de los mismos. En consecuencia estos controles son los más utilizados hoy día.

#### **5.1.1.6 Características de Operación de los Reguladores de Corriente**

**Constante.** Los reguladores de corriente constante que alimentan los sistemas de iluminación de la pista de los aeropuertos tienen las siguientes posibilidades:



- a) Mantiene una salida de corriente constante dentro de más o menos un 2% cualquiera que sea la carga, desde la mitad de ésta a plena carga hasta un 30% de transformadores de aislamiento con secundario en circuito abierto.
- b) Tiene un alto grado de fiabilidad y, en consecuencia, carecen de piezas móviles.
- c) Incorporan un dispositivo de apertura del circuito que bloquea la tensión del primario en dos segundos y obliga a la reposición del regulador.
- d) Responden a los cambios del circuito en menos de 15 ciclos
- e) Incorporan un dispositivo de seguridad que pone fuera de servicio al regulador o reduce la corriente en caso de ser esta excesiva.
- f) Proporcionan el número necesario de ajustes de intensidad o un control continuamente variable de ella, según sea el caso. El regulador debe diseñarse para poder cambiar ese ajuste de intensidad sin tener que desactivar aquel.
- g) Aíslan eléctricamente al circuito primario de alimentación del secundario de alimentación
- h) Trabajan continuamente a plena carga con temperaturas ambientes entre  $-40$  grados celsius hasta  $+55$  grados celsius, humedades relativas del 10 al 100% y altitudes de hasta 2000 m.

**5.1.1.7 Características de Régimen De Los Reguladores De Corriente Constante.** A continuación se dan algunos ejemplos de las características de régimen de los reguladores de corriente constante:

- a) Potencia: cargas de salida (secundario) entre 4 y 70 Kilovatios. Entre estos valores hay muchos tamaños.
- b) Corriente del secundario (salida): como se menciona anteriormente, las más comunes son de 6.6 ó de 20 amperios. Las unidades más utilizadas son aquellas que proporcionan 6.6 amperios para cargas de hasta 30 kilovatios y 20 amperios para cargas de 10 y más kilovatios.
- c) Frecuencia: generalmente es la misma que requiere la tensión primaria la cual es de 60 hertzios.
- d) Tensión del primario: Se vienen usando tensiones nominales del primario entre 120 y 12000 voltios. Hay un estado que utiliza tensiones del primario de 240 voltios para potencias de hasta 30 kilovatios y de 2400 voltios para tensiones de 10 a 70 kilovatios.

**5.1.1.8 Transformadores de Aislamiento.** Estos se utilizan en los circuitos en serie de los sistemas de iluminación de pista de los aeropuertos para dar continuidad al circuito serie con el propósito de que una falla en una lampara no se traduzca en un estado de circuito abierto. La segunda función de estos transformadores es aislar eléctricamente entre sí, la lampara y el circuito de alta tensión a fines de seguridad.

Los transformadores de aislamiento se usan también, para suministrarle a la lampara la corriente adecuada, si esa corriente difiere de la del circuito.

- a) Diseño del transformador. Un transformador de aislamiento consiste en un devanado primario y en un devanado secundario bobinados en núcleo magnéticos y encerrados por un envolvente del que salen los hilos del primario y del secundario para la conexión del circuito en serie a la lampara. El primario y el secundario están eléctricamente aislados, pero asociados entre sí a través del circuito magnético. El secundario esta sujeto a una diferencia de potencial menor y uno de sus extremos debe llevarse a una

conexión de toma de tierra. El núcleo de estos transformadores funciona de tal manera de que no se saturan magnéticamente, pero si se satura la lampara se ponen circuito abierto el secundario, manteniéndose de esta forma la integridad del primario. Si llegase a cortocircuitarse la lampara, el transformador de aislamiento pasa a una ausencia de carga y produce un efecto mínimo sobre el circuito en serie.

- b) La relación de espiras entre los devanados primarios y secundarios de un transformador serie/serie es de 1:1 si la corriente de la lampara es la misma que la del circuito en serie, pero resulta inversamente proporcional a la relación de corriente cuando no ocurre así.
  
- c) Envolvente: la caja en la se aloja el núcleo, lo devanados y los hilos, puede ser de metal, caucho ó plástico y tiene que hacer posible su instalación enterrándola directamente, colocándola bajo el agua y sobre sus bases, o quedando expuestas a la intemperie. La caja debe proteger a la unidad contra todo tipo de golpes, incluso hasta que si se dejara caer o si se agarrará de un solo hilo. Debe ser hermética. Los hilos del primario no deben de ser de menos de 8.4 mm<sup>2</sup> (calibre No 8 AWG) de sección y estarán aislados para no menos de 5000 voltios, no debiendo ser tampoco su longitud menor de 50 cm. Los hilos del secundario deben ser de doble conductor con una sección cada uno de estos no menor a 3.3 mm<sup>2</sup> (calibre No 12 AWG), estar aislados para no menos de 600 voltios y tener una longitud que no sea inferior a 100 cm.
  
- d) Capacidades de los transformadores de aislamiento serie/serie: las capacidades de estos transformadores se relacionan con su potencia de salida, corriente del primario y del secundario, frecuencia y tensión de aislamiento entre uno y otro devanado. Los valores nominales más frecuentes son:
  - 1) Potencia: se usan potencias de 30, 45, 65, 100, 200, 300 y 500 vatios.
  - 2) Corrientes: las corrientes e suelen dar como relaciones entre las del primario y secundario 6.6/6.6 – 20/20 – 6.6/20 – 20/6.6 amperios.

- 3) Frecuencia: 50 ó 60 hertzios.
  - 4) Aislamiento: Están aislados generalmente para 5000 voltios en el primario y 600 voltios en el secundario
- e) Alimentación de varias lampara con un solo transformador. Es preferible que cada lampara tenga su propio transformador de aislamiento. En ocasiones, para reducir costos de construcción y mantenimiento se conectan varias lamparas a un solo transformador de aislamiento, generalmente estas disposiciones se usan en el sistema de iluminación de eje de pista. Es obvio, que el transformador debe tener la capacidad para poder soportar todas las lamparas que al él se conecten.

Esta configuración presenta dos grandes problemas: en primer lugar, si falla una lampara y proporciona un circuito abierto, no funcionan las demás lamparas que están conectadas al mismo transformador y, en segundo lugar, en el instante en que se produce la apertura del circuito puede hacerse muy grande la tensión instantánea del secundario, especialmente cuando el transformador de aislamiento es de gran capacidad.

**5.1.2 Circuitos en paralelo.** Los elementos de los circuitos en paralelo se conectan, como su nombre lo indica, en paralelo sobre los conductores a los que se aplica la tensión de entrada. Teóricamente cada luminaria recibe la misma tensión, pero, en realidad, la corriente que circula por los conductores provoca una reducción de tensión (caída en línea) que, cuando los circuitos son largos, como los de los sistemas de iluminación de pistas de aeropuertos, se puede reducir apreciablemente la tensión de las luces en el extremo más alejado del circuito y, por consiguiente, la intensidad de las mismas. Si en algún momento hace falta controlar la intensidad de las luces, pueden emplearse transformadores con taps de regulación de tensión de inducción, pero estos elementos aumentan el costo de la instalación y reducen la eficiencia del circuito.

Alguna de las ventajas de los circuitos en paralelo, son las siguientes:

- a) Menor costo de instalación, especialmente cuando no se utilizan los reguladores de intensidad.
- b) Más eficiente uso de la energía eléctrica
- c) Fáciles de incorporar o de retirar de un circuito existente.
- d) Los circuitos son más conocidos para cualquier persona.
- e) Cualquier avería en un cable es fácil de localizar.
- f) La apertura de un circuito puede no inhabilitar la totalidad del mismo.
- g) Estos circuitos no necesitan de transformadores de aislamiento

Entre las desventajas se presentan las siguientes:

- a) La intensidad en las luces se va reduciendo con la caída de voltaje a lo largo de la línea. Esto puede traer como consecuencias interpretaciones equivocadas si se hace apreciable en una configuración de luces.
- b) Hacen falta dos conductores para el circuito completo, y pueden ser necesarios conductores de mayor diámetro para reducir la caída de tensión en la línea.
- c) Por lo general, los filamentos de las lámparas son de mayor longitud, lo que puede exigir elementos ópticos más grandes y aparatos de luz más luminosos.
- d) Es más difícil ejercer el control de la intensidad, especialmente cuando ésta baja.

- e) Una única derivación a tierra del alimentador de alta tensión inhabilita a todo el circuito, ya que cualquier dispositivo de protección utilizado (fusible ó disyuntor) se va a comportar como un circuito abierto.
- f) Son difíciles de localizar las fallas a tierra.

Debido a lo anterior los circuitos en paralelo en los aeropuertos más que todo se usan en los sistemas de iluminación de plataforma y en general en todos los circuitos de distribución eléctrica.

## **5.2 CONTROL DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION DE PISTA**

**5.2.1 Circuito de Control.** Es aquel que proporciona los medios adecuados de conexión y desconexión así como del cambio de intensidad de los distintos sistemas de iluminación. Estos controles pueden ser manuales ó automáticos.

**5.2.1.1 Control Manual.** El sistema de control más sencillo, en el cual una persona acciona un conmutador en la fuente de alimentación del circuito para activar o desactivar sistemas de iluminación en aeropuertos pequeños o en otros circuitos asociados con los sistemas de iluminación.

**5.2.1.2 Control Remoto.** Dicho Control esta bastante relacionado con las condiciones atmosféricas, hora del día, las preferencias de los pilotos, las posiciones y maniobras de algunos aviones. Las personas que mejor conocen en un aeropuerto estas condiciones son los controladores de tráfico aéreo; en consecuencia, los controles remotos de la iluminación de las pista de un aeropuerto, se encuentra en el panel de control de iluminación de las torres de control y por lo tanto son accionados por los controladores de tráfico.

## **5.3 LAMPARAS**

**5.3.1 Características de las Lámparas Incandescentes.** Las lámparas incandescentes se usan en la mayoría de los aparatos de luz instalados en los sistemas de iluminación de los aeropuertos.

La intensidad luminosa, duración, potencia consumida y eficacia (rendimiento) de las lámparas incandescentes es una función compleja de la tensión o corriente aplicada, como lo ilustran las figura No 18 y el cuadro No. 5. Por ejemplo, si la tensión aplicada a una lámpara es un 5% mayor que la nominal, la intensidad luminosa será 120% de la nominal, y la duración de las lámparas se reducirá a la mitad de la de diseño. Los efectos de los cambios de corriente de la lámparas son todavía mayores. Si la corriente que circula por la lámpara es 5% mayor que la nominal, la intensidad será un 135% superior a la nominal, y la lámpara durará 3/10 de su servicio de diseño. Por lo tanto, es de imperiosa necesidad de controlar rigurosamente la tensión o corriente aplicada.

El proyectista de un sistema de iluminación de pista de un aeropuerto, debe tener cierta libertad para seleccionar una lámpara serie, una múltiple de baja tensión o una múltiple de más alta tensión. Para la selección intervienen los siguientes factores:

- a) La caída de tensión en una lámpara en serie en la categoría de “baja tensión”; la caída de tensión sobre una luz de borde de pista a 6.6 amperios, 200 vatios, es de 30 voltios, y la caída de tensión sobre una lámpara de luz de aproximación de 20 A, 500 vatios, es de 25 voltios.
- b) Debido a las diferencias de tolerancia del proyecto, no se deben usar lámparas en serie en circuitos en paralelo, ni emplear lámparas múltiples en circuitos en serie
- c) La duración de una lámpara de “baja tensión” es mayor que la de una de “alta tensión” (la normalmente empleada en las luces de uso doméstico) para igual consumo de potencia e intensidades nominales.

Lamparas de halógeno - tungsteno. Muchas de las lamparas que hoy se usan para la iluminación de aeropuertos son de halógeno – tungsteno, los filamentos de estas lamparas están encerrados en pequeños tubos de cuarzo que contienen cierta cantidad de halógeno, como yodo, además del gas inerte normal de llenado. Al calentarse el filamento, se evapora el tungsteno del mismo y se condensa en las paredes interiores de la envoltura de la lampara. El halógeno vaporizado se combina con este condensado para formar un vapor. Este vapor se desplaza al filamento caliente, donde se disocia para volver a depositarse el tungsteno en el filamento. El proceso reduce el ennegrecimiento de la bombilla, aumenta la duración de la misma, mantiene mejor la intensidad luminosa y mejora el rendimiento de la lampara

### **5.3.2 Características de las Lamparas de Descarga Gaseosa.**

**5.3.2.1 Lamparas de Destellos Sucesivos Para Aproximación.** Las lamparas usadas en las luces de destellos sucesivos para aproximación son gaseosas, de descarga por condensador, y no incandescentes. La lampara es un tubo, que puede tener distintas formas, en el que hay un gas inerte, como argón ó criptón, que emite luz cuando se origina un arco en el gas. La fuente de alimentación carga unos condensadores eléctricos para proporcionar energía al arco y genera una tensión de activación que crea el arco al aplicarle la señal de activación. El arco de gas emite un destello luminoso de gran intensidad y corta duración (microsegundos) que agota rápidamente la carga de los condensadores y extingue el arco. La fuente de alimentación y la lampara exigen muy altas tensiones lo cual es un peligro que hay tener en cuenta al proyectar el sistema de iluminación. La intensidad de cresta de estas luces puede ser muy alta pero de corta duración.

**5.3.2.2 Otras Lamparas de Descarga Gaseosa.** El mayor rendimiento de la lampara de descarga gaseosa, es lo que estimula su uso. Entre los tipos de estas lamparas figuran las fluorescentes de vapor de mercurio, de



haluro metálico (Metal Halide) y las de vapor de sodio a baja ó alta presión. El uso de estas luces se limita a zonas como la Plataforma (Ver iluminación de Plataforma) y la iluminación de áreas comunes en general.

## **5.4 METODOS PARA OBTENER LA INTEGRIDAD Y FIABILIDAD DE LA ILUMINACION DE LOS AERODROMOS**

### **5.4.1 Definiciones de los Términos**

**5.4.1.1 Fiabilidad e Integridad.** Estos términos aplicados a la iluminación de la pista de cualquier aeropuerto, no son fácilmente medibles ni definibles. Los esfuerzos hechos hasta ahora han llegado a la conclusión de que fiabilidad es la cuestión del tiempo medio entre fallas de componentes, en tanto que la integridad comprende asuntos tales como la supervivencia a la falla de la totalidad del sistema.

La fiabilidad está afectada por la selección de los componentes y su uso práctico y la integridad lo está por el diseño e instalación de los sistemas y el mantenimiento de los equipos. Por lo tanto se considera que cualquier sistema de iluminación de la pista de un aeropuerto que haya sido bien proyectado y con un buen mantenimiento tiene una integridad muy alta y que es extraordinariamente pequeña la probabilidad de que se produzca una falla en un momento crítico.

Los factores eléctricos que afectan la fiabilidad y la integridad son: la falla del circuito, la falla de la fuente de alimentación y la falla del circuito de control.

En general, en todo proyecto e instalación, la fiabilidad e integridad deben ser factores para tener en cuenta.

## **5.4.2 Medios Destinados A Mejorar la Fiabilidad y la Integridad**

**5.4.2.1 Reducción de la falla del Circuito.** Generalmente, se usan varios circuitos de tal manera que, cuando se produzca la falla de uno, no afecte todo el sistema de iluminación. Para los sistemas de iluminación de aproximación y umbral se usan normalmente cuatro circuitos en total. De estos cuatro circuitos, uno es para las el sistema de las luces de umbral y el resto para el sistema de iluminación de aproximación. Estos tres circuitos están concebidos de tal manera que, cuando falle uno, quede fuera de servicio una de cada tres barretas.

Cuando una configuración de cualquier sistema esta alimentada por varios circuitos, no se recomienda que cada circuito alimente una determinada sección geográfica de dicha configuración, porque la pérdida de un circuito puede ser motivo de que cambie aquella configuración.

**5.4.2.2 Reducción de la falla de la fuente de Alimentación.** Entre las medidas que se tienen en cuenta para garantizar una alimentación permanente de corriente a todos los sistemas de iluminación tanto de la pista como de la plataforma, es aquella que consiste en tener grupos electrógenos ó plantas eléctricas de emergencia que entre en funcionamiento automáticamente en caso de falla de la energía eléctrica que suministra la respectiva empresa prestadora de dicho servicio. El tiempo de conmutación entre el suministro normal de energía y la planta eléctrica de emergencia requerido para una pista con aproximación de precisión, es de máximo 0.5 segundos.

**5.4.2.3 Reducción de la falla del Circuito de Control.** Normalmente no se consideran la posibilidad de circuitos alternativos para los controles de las luces desde la torre de control. La probabilidad de que falle un circuito de control puede ser igual a la de que se averíe uno de iluminación, y en consecuencia, debe haber doble circuito de control.

## **5.5 VERIFICACION DE LOS CIRCUITOS DE ILUMINACION**

**5.5.1 Verificación Visual.** Es aquella que se realiza para garantizar la fiabilidad de los sistemas a través de observaciones visuales realizadas por el controlador de tráfico aéreo que se encuentra en la torre de control.

**5.5.2 Verificación a Través de Sensores Automáticos.** Es aquella que se realiza para garantizar la fiabilidad de los sistemas a través sensores automáticos, tales como luces indicadoras que solamente revelan si están conectados los conmutadores que controlan los circuitos o si han fallado una ó más luces del circuito. Este método de verificación es muy fiable, pero cuando se realiza de una forma parcial o incompleta, puede dar origen a una sensación de seguridad que, más que favorecer la fiabilidad, la entorpece.

## **5.6 ENSAYOS DE RECEPCION DE LOS CIRCUITOS ELECTRICOS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION DE PISTAS DE AEROPUERTOS**

**5.6.1 Aplicación.** Los procedimientos de ensayo que se describen a continuación, se aplican para la aceptación por parte de la interventoría, de las obras de Remodelación de Los Sistemas De Iluminación De Pista Y Plataforma del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez antes de poner en funcionamiento dichos sistemas.

**5.6.2 Periodo de Garantía.** Como todo contrato que se realice en nuestro país, el contrato de la Remodelación de los Sistemas de Iluminación De la Pista Y Plataforma del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez, debe regirse por los estatutos de la ley 80 de 1993. Dicho contrato debe incorporar una garantía que especifique un tiempo mínimo en el cual el contratista que ejecuto las obras, asuma la responsabilidad de la reparación de todos los cables y equipos, o la sustitución de ellos, derivados de un mal funcionamiento o por estar defectuosos esos equipos o los materiales.

**5.6.3 Procedimientos De Inspección.** Los procedimientos más importantes de inspección y ensayo son los visuales. Las inspecciones visuales deben realizarse con frecuencia durante la instalación, al terminar esta y antes de poner en funcionamiento los circuitos. Una inspección visual detenida descubre defectos que pueden ser corregidos antes de los ensayos de recepción y de la activación de las unidades. Si se someten a ensayo eléctrico o procedimientos de activación a los equipos defectuosos, los daños pueden ser irreparables.

Las inspecciones visuales deben incluir la evaluación de las correcciones de las conexiones exteriores, un funcionamiento adecuado, la limpieza, los riesgos para la seguridad; y los requisitos específicos de los diferentes elementos.

**5.6.3.1 Inspección de Cables, Conectores y Transformadores de Aislamiento.** Los hilos de los cables primarios y secundario de los transformadores deben suministrarse con sus conectores moldeados previamente instalados en fabrica. La inspección visual de estas piezas durante la instalación es especialmente importante, porque los pequeños cortes, aplastamiento o inadecuado tratamiento pueden transformarse en el deterioro progresivo de aquellos y, finalmente, en la falla completa de los mismos. Durante la instalación, se inspeccionaran todos estos elementos para determinar lo que sigue:

a) Que las superficies conjugadas de los conectores moldeados estén limpias y secas al enchufarlos entre sí. Si están limpias y secas por dentro, estos conectores de alta tensión, al ser encintados, forman una unión que es igual o superior al empalme convencional para alta tensión. Por el contrario, si estas superficies están húmedas o sucias por dentro, no hay cinta, por grande que sea la cantidad de ella que se utilice, que de por resultado una conexión satisfactoria.

b) Que se acoplen entre si perfectamente los conectores. Después de hacer esta operación inicial, puede suceder que la presión del aire atrapado acabe soltando parcialmente la clavija de su enchufe. Si ocurre ahí, espere a que transcurran unos segundos y vuélvalas a apretar entre sí.

- c) Que los cables no hayan sido cortados por palas, estén retorcidos, presenten muestras de haber sido aplastados por ruedas de vehículos, dañados por rozamiento con piedra, o estropeados de cualquier otra forma durante su manejo e instalación.
  
- d) Que los cables estén enterrados a la profundidad especificada y que se complementen todos los otros requisitos detallados a que obliguen las especificaciones de instalación.
  
- e) Que los cables no se crucen directa y mutuamente y se hallen separados en las distancias requeridas.
  
- f) Que se ponga por debajo y por encima de los cables el adecuado material de blindaje y que no haga contactos con ellos las piedras y guijarros.
  
- g) Que no se hayan doblado violentamente los cables al entrar o salir en una canalización.

**5.6.3.2 Inspección de Los Reguladores de Corriente Constante.** Es necesario inspeccionar todos los reguladores de corriente constante para cerciorarse de que no están agrietados los casquillos de porcelana, no han experimentado daño aquellos durante el transporte, son correctas las conexiones, funcionan libremente los conmutadores y no están bloqueados o entorpecidos por cualquier razón los relés, son correcto los fusibles y adecuado el nivel de aceite en los reguladores bañados con este líquido.

**5.6.3.3 Prueba de Funcionamiento del Sistema.** Una vez inspeccionado los componentes y los circuitos en la forma indicada en los párrafos precedentes, se hará la prueba de la totalidad del sistema como se detalla a continuación:

a) Se inspeccionara cada conmutador de los paneles de iluminación de la torre de control haciendo que estos conmutadores lleguen a sus posiciones correspondientes dos veces como mínimo. Durante este proceso, se observaran todas las luces y equipos de las cámaras para ver si cada uno de esos conmutadores controla debidamente el correspondiente circuito.

b) Se comprobara cada circuito de iluminación activándolo continuamente a máxima intensidad durante un mínimo de seis (6) horas. Se hará una inspección visual al principio y al final de esta prueba para ver si trabajan a plena intensidad todas las luces afectadas. La reducción de intensidad de alguna de estas luces o de todas ellas en un circuito deben interpretarse como indicación de derivaciones a tierra. Se medirá la tensión en los terminales de las lamparas tomando, por lo menos, una de cada circuito múltiple para ver si se halla dentro del mas o menos el 5% de la tensión nominal de la misma que figura marcada en ella.

**5.6.4 Pruebas Eléctricas De Los Equipos de Los Circuitos En Serie.** Las pruebas eléctricas son valiosas para determinar si la calidad de la instalación es aceptable y si el comportamiento de la misma cumple con todas las condiciones operacionales. Algunas de estas pruebas obligan a hacer uso de circuitos de alta tensión y de mediciones en ellos.

Los cables enterrados (es decir, los que no se llevan por conductos), se deben probar antes y después de rellenar la zanja en que se alojan.

Cada circuito serie se debe someter a pruebas de aislamiento de alta tensión para determinar si esta absolutamente libre de derivaciones a tierra. Cuando sea posible, las pruebas se harán con la tierra perfectamente humedecida.

Cada circuito serie se debe comprobar para determinar su continuidad, a cuyo fin se utilizara un ohmímetro o se realizara por otro método equivalente. Después se verificara la resistencia del circuito a tierra con un megger.

Cada circuito, incluyendo los transformadores, se probara como sigue:

- a) Se desconectaran los dos hilos de los terminales de salida del regulador, dando apoyo a ambos de tal modo que quede un intervalo de aire de varios centímetros entre los conductores desnudos y tierra. Se adquirirá la seguridad de que la envolvente del cable esta limpia y seca en una distancia de mínimo 30 cm desde el extremo del cable.
- b) Cada circuito debe ensayarse inmediatamente después de su instalación de acuerdo con el subparrafo (e) y bajo él titulo de “ Primera Prueba de Circuitos Nuevos”. Así mismo, se probara, siguiendo el citado subparrafo (e) y bajo él titulo “ Pruebas Sucesivas y Circuitos Antiguos”, todo circuito que lleve instalado 60 días o más, aun en el caso de que no haya sido puesto en funcionamiento.
- c) La máxima corriente de fuga, en microamperios, no debe exceder de los valores indicados en el segundo párrafo que le sigue a la tabla de pruebas que se indican en el subparrafo (e).
- d) Cuando se hagan adiciones a circuitos antiguos, solo se probaran las secciones nuevas como se explica bajo él titulo “Primera Prueba de Circuitos Nuevos”. El circuito completo se debe comprobar a tensiones reducidas como garantía de la fiabilidad de su funcionamiento.
- e) Se conectaran ambos conductores y se aplicara la tensión de prueba indicada a continuación entre esos conductores y tierra durante un periodo de 5 minutos.

	Circuitos Nuevos	Y Circuitos Antiguos
Sistema Completo de Iluminación	9000 Vcc	5000 Vcc
Para Aproximación		
Sistema de Iluminación		
De Zona de Toma de Contacto	9000 Vcc	5000 Vcc
Sistema de Iluminación de	9000 Vcc	5000 Vcc
Borde de Pista		
Sistema de Iluminación de	6000 Vcc	3000 Vcc
Eje de Pista		
Circuitos a 600 Voltios	1800 Vcc	600 Vcc.

Las pruebas anteriores, deben hacerse con un aparato apropiado de alta tensión de salida de corriente continua, además, deben ser cuidadosamente supervisadas por personal calificado para asegurarse de que no se aplican tensiones excesivas.

Durante el último minuto de las pruebas se medirá la corriente de fuga de aislamiento de en microamperios, para cada circuito completo, la cual no debe exceder del valor calculado para el mismo, como sigue:

- a) Se admitirán 2 microamperios para cada transformador de aislamiento.



- b) Se admitirá un microamperio por cada 100 m de cable.
- c) Se añadirán los valores obtenidos para determinar la fuga total o permisible en microamperio de cada circuito completo.

Si la corriente de fuga excede del valor calculado en la forma antes dicha, debe dividirse en secciones el circuito y repetirse las pruebas con cada sección. Se localizaran y repararan los componentes defectuosos o se les sustituirá hasta que todo el circuito pase la prueba.

## 6. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE LA PISTA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ

### 6.1 SISTEMAS VISUALES INDICADORES DE PENDIENTE DE APROXIMACION

**Los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación normalizados se clasifican de la siguiente manera:**

6.1.1 Vasis y avasis. **El VASIS consiste en 12 elementos luminosos dispuestos en posiciones anterior y posterior (En el sentido de la aproximación) y emplazados simétricamente respecto al eje de la pista, en forma de dos pares de barras de ala, cada una de las cuales tienen tres elementos luminosos, como se muestra en la figura No. 19 (A).**

**El AVASIS puede tener cuatro, seis u ocho elementos luminosos, como se muestra en la figura No.19 (B), (C), (D). Excepto que se proporcione una disposición simétrica formada de ocho elementos luminosos (como se muestra en la figura No.19 (B)) cuando no se disponga de ningún otro sistema luminoso que asegure una guía conveniente de inclinación lateral. Los elementos luminosos se disponen ya sea simétricamente respecto al eje de la pista, ya sea con uno o con dos elementos luminosos en cada barra de ala; o bien en uno de los lados del eje de pista con uno, dos o tres elementos luminosos en cada barra de ala.**

**Nota Aclaratoria: Aunque, técnicamente hablando, un elemento luminoso no constituye una barra de ala, se ha asociado el término “Elemento Luminoso” con la expresión “barra de ala” para simplificar la redacción de las especificaciones.**

**6.1.1.1 Presentación. Cada elemento luminoso proyecta un haz de luz cuya parte superior es de color blanco y su parte inferior de color rojo, como se indica en la figura No.20. Los elementos luminosos se disponen de manera que, durante la aproximación, el piloto de un avión cuando vuela por encima de la pendiente de aproximación, vea de color blanco todas las luces; cuando vuela en la pendiente de aproximación, vea de color blanco las luces anteriores y de color rojo las luces posteriores; y cuando vuela por debajo de la pendiente de aproximación, vea de color rojo todas las luces.**

**Generalmente, cuando un avión vuela muy por debajo de la pendiente de aproximación, las luces de las dos barras de ala situadas a un mismo lado de la pista tienden a mezclarse en una señal roja.**

**6.1.1.2 Emplazamiento. La barras de ala y los elementos luminosos se colocan, como se muestra en la figura No.21. con sujeción a las tolerancias de instalación que allí se indican.**

**6.1.1.3 Tolerancias de Instalación. El diseñador puede:**

- Aumentar en no más de 90 m la distancia D1, teniendo en cuenta el ángulo de la pendiente de aproximación, la pendiente longitudinal de la pista en la zona de toma de contacto, y las dificultades de instalación debidas a las pistas y calles de rodaje que se crucen; y solo excepcionalmente puede reducirse esta distancia en 30 m como máximo.**
- Reducir en 60 m, como máximo, o bien en aumentar en 90 m, como máximo, la distancia D2, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:**
  - 1. Una reducción de la distancia, debido al pequeño margen entre la longitud de la pista disponible y la distancia de aterrizaje requerida para los tipos de aviones que utiliza la pista;**

2. **Un aumento de la distancia, en los casos en que se disponga de una trayectoria de planeo visual normalizada, para evitar toda confusión entre las indicaciones visuales de pendiente de aproximación y la parte utilizable de las indicaciones no visuales de trayectoria de planeo;**
3. **Una reducción o aumento, solamente en el grado necesario para salvar las dificultades de instalación debidas al cruce de pistas con calles de rodaje o para compensar la pendiente longitudinal en la zona de toma de contacto.**
  - **Reducir en 60 m, como máximo, o bien aumentar en 90 m como máximo la distancia D3, solamente en el grado necesario para salvar las dificultades de instalación debidas al cruce de pistas con calles de rodaje o para compensar la pendiente longitudinal de la pista en la zona de toma de contacto.**
  - **Ajustar d1, d2 o d3, según sea apropiado, para compensar las diferencias de elevación, ya sea entre barras de ala o entre las barras de alas y la pista.**

**Se recomienda que en los diseños de las instalaciones debería evitarse, siempre que sea posible, el empleo de tolerancias grandes.**

**Los elementos luminosos que formen las barras de ala anterior y posterior se montan de tal manera que los pilotos de todo avión que se aproxime los vea prácticamente en una línea horizontal. Los elementos luminosos se colocan lo más bajo posible y deben ser lo suficientemente ligeros y frangibles para que no constituyan un peligro para los aviones.**

6.1.1.4 Características de los elementos luminosos. **Los sistemas son adecuados, tanto para las operaciones diurnas y nocturnas.**

**La distribución luminosa del haz de cada elemento tiene forma de abanico y es visible en un gran arco de azimut en la dirección de aproximación. La transición de color, de color rojo a blanco, es de tal que para el observador situado a distancia parezca que ocurre en un ángulo vertical de hasta aproximadamente 15'. La intensidad del haz completamente rojo, inmediatamente por debajo de este sector de transición, es por lo menos el 15% de la intensidad del haz completamente blanco situado sobre el sector de transición.**

**El haz de luz producido por los elementos luminosos abarca un ángulo de 1° 30', como mínimo, por debajo y por encima de la bisectriz del sector de transición, tanto de día como de noche, y en azimut, en un ángulo de 10° como mínimo, de día, y 15° de noche. El alcance visual efectivo del sistema dentro de los ángulos mencionados, con tiempo despejado, es como mínimo, de 7.4 Km para las configuraciones (A), (B), (C) y (D), en la figura No.19 Y 4.5 Km para las configuraciones (E) en la figura No.19. Salvo que un alcance de 2.7 Km se considere satisfactorio si se instala en una pista utilizada principalmente por aeronaves ligeras que no sean de turbo-reacción.**

**Se debe proporcionar un control adecuado de la intensidad para que esta pueda graduarse de acuerdo con las condiciones predominantes, evitando así el deslumbramiento del piloto durante la aproximación y el aterrizaje.**

Cada elemento luminoso puede ajustarse en elevación, de manera que el límite inferior de la parte blanca del haz pueda fijarse en cualquier ángulo deseado de elevación entre 1° 30' y 4° 30' sobre la horizontal.

Los elementos luminosos se diseñan de manera que la condensación, el polvo, etc., que puedan depositarse en las superficies reflectoras u ópticas, obstruyan en el menor grado posible las señales luminosas y no afecten en modo alguno el contraste entre las señales rojas y blancas ni la elevación del sector de transición. La construcción de los elementos luminosos debe ser de tal forma que reduzca al mínimo la probabilidad de que la nieve o el hielo, cuando sea posible que se produzcan estos fenómenos, obturen totalmente las ranuras.

#### 6.1.2 PRECISION APPROACH PATH INDICATOR (PAPI)

El sistema PAPI consiste en una barra de ala con cuatro elementos de lámparas múltiples (o sencillas por pares) de transición definida situados a intervalos iguales. El sistema se coloca al lado izquierdo de la pista, a menos que sea materialmente imposible.

Generalmente, cuando la pista es utilizada por aeronaves que necesitan guía visual de balanceo y no hay otros medios externos que proporcionen esta guía, entonces se

**proporciona una segunda barra de ala en el lado opuesto de la pista. (Caso que ocurre en el Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez).**

**La barra de un ala PAPI esta constituida y dispuesta de manera que el piloto que realiza la aproximación vea rojas las dos luces más cercanas a la pista y blancas las dos más alejadas, cuando se encuentre en la pendiente de aproximación o cerca de ella; vea roja la luz más cercana a la pista y blanca las tres más alejadas, cuando se encuentre por encima de la pendiente de aproximación, y blanca todas las luces en posición todavía más alejadas; y vea roja las tres luces más cercana a la pista y blanca la más alejada, cuando se encuentre por debajo de la pendiente de aproximación, y roja todas las luces en posición todavía mas baja.**

**6.1.2.1 Emplazamiento. Los elementos luminosos están emplazados como se indica en la figura No.22. respetando las tolerancias de instalación allí señaladas. Los elementos de una barra de ala PAPI están montados de tal manera que aparezca ante el piloto del avión que efectúa la aproximación como una línea sensiblemente horizontal. Los elementos luminosos se montan lo más abajo posible y son lo suficientemente ligeros y frangibles para no constituir un peligro para las aeronaves.**

**6.1.2.2 Características de los elementos luminosos. El sistema es adecuado tanto para las operaciones diurnas como para las nocturnas.**

**La transición de colores, de rojo a blanco, en el plano vertical, es tal que para un observador situado a una distancia no inferior a 300 m, ocurre dentro de un ángulo vertical no superior a 3 grados.**

**Cuando la intensidad es máxima, la coordenada Y de la luz roja no excede de 0.320.**

**Se proporciona un control adecuado de intensidad para que esta pueda graduarse de acuerdo con las condiciones predominantes, evitando así el deslumbramiento del piloto durante la aproximación y el aterrizaje.**

**Cada elemento luminoso puede ajustarse en elevación, de manera que el límite inferior de la parte blanca del haz pueda fijarse en cualquier ángulo deseado de elevación, entre 1 grado 30 minutos y al menos 4 grados 30 minutos sobre la horizontal.**

**Los elementos luminosos son diseñados de manera que la condensación, la nieve, el hielo, el polvo, etc. Que se puedan depositar en las superficies reflectoras u ópticas, obstruyan en el menor grado posible las señales luminosas y no afecten en modo alguno el contraste entre las señales rojas y blancas ni la elevación del sector de transición.**

**6.1.2.3 Pendiente de aproximación y reglaje de elevación de los elementos luminosos.**

**La pendiente de aproximación que se define en la figura No.23. es adecuada para ser utilizada por los aviones que efectúan la aproximación.**



#### 6.1.2.4 Tolerancias de instalación.

- a. Cuando se instala un sistema PAPI en una pista, la distancia D1 se calcula de tal manera que asegure que para la altura más baja a la cual el piloto vea una indicación de trayectoria de aproximación correcta (figura No.23.ángulo B) proporcione el margen vertical entre las ruedas y el umbral especificando en la columna apropiada de la tabla No.1 para los aviones más críticos que utilizan regularmente la pista.
- b. Si se requiere un margen vertical sobre las ruedas mayor que el especificado en a.), para aeronaves de tipo determinado, puede lograrse aumentando la distancia D1.
- c. La distancia D1, se puede ajustar para compensar las diferencias de elevación entre el centro de los lentes de los elementos luminosos y el umbral.
- d. Para asegurar que los elementos se monten tan bajo como sea posible y permitir cualquier pendiente transversal, pueden hacerse pequeños ajustes de altura hasta de 5 cm entre los elementos.
- e. Se utiliza una separación de 6 m ( $\pm 1$  m) entre los elementos del PAPI, en este caso el elemento PAPI interior se coloca a no menos de 10 m ( $\pm 1$  m) del borde de la pista.

**Vale aclarar que al reducir la separación entre los elementos luminosos se disminuye el alcance útil del sistema.**

**El reglaje del ángulo de elevación de los elementos luminosos de una barra de ala PAPI es tal que un piloto que se encuentre en la aproximación y observe una señal de luz blanca y tres rojas, franquee con un margen seguro todos los obstáculos que se hallen en el área de aproximación.**

**Si se instalan dos barras de ala para proporcionar guía de balanceo, a cada lado de la pista, como en el aeropuerto Internacional Rafael Nuñez de la ciudad de Cartagena de Indias, estos elementos correspondientes se ajustan al mismo ángulo a fin de que las señales de ambos sistemas cambien simétricamente al mismo tiempo.**

**6.1.2.5 Superficie de protección contra obstáculos. Se establece una superficie de protección contra obstáculos cuando se desea proporcionar un sistema visual indicador de pendiente de aproximación.**

**Las características de la superficie de protección contra obstáculos, es decir, su origen, divergencia, longitud y pendiente, corresponderán a las especificaciones dadas en la columna pertinente de la tabla No. 2. y de la figura No. 24.**

**Normalmente no se permiten objetos nuevos o ampliación de los existentes por encima de la superficie de protección contra obstáculos, salvo si, en opinión de la autoridad**

**competente, los nuevos objetos o sus ampliaciones estuviesen apantallados por un objeto existente inamovible.**

**También se retiran los objetos existentes que sobresalen de la superficie de protección contra obstáculos, salvo si, en opinión de la autoridad competente, los objetos están apantallados por un objeto existente inamovible o si tras un estudio aeronáutico se determina que tales objetos no influyen en la seguridad de las operaciones de los aviones.**

## **6.2 LUCES DE BORDE PISTA**

Se deben instalar luces de borde de pista en aquellas pistas destinadas a uso nocturno, como es el caso de la pista del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez, y aquellas pistas que necesiten aproximaciones de precisión.

Se recomienda instalar luces de borde pista en aquellas pistas destinadas a utilizarse para despegues diurnos con una visibilidad menor a los 800 m.

**6.2.1 Emplazamiento.** Las luces de borde de pista se ubican a todo lo largo de ésta, en dos filas paralelas y equidistantes del eje de la pista. Además deben instalarse de tal manera que la distancia entre las luces y el borde de la pista no exceda los 3 m.

Se recomienda que cuando de ancho de la pista exceda los 60 m, la distancia entre las filas de las luces debe determinarse teniendo en cuenta el carácter de las operaciones, las características de la distribución de la intensidad luminosa de las luces de borde de pista y otras ayudas visuales que sirva a la pista.

Es de anotar que el presente caso no se ajusta a la pista del aeropuerto Internacional Rafael Nuñez, ya que el ancho de la misma es de 45 m.

Las luces deben espaciarse uniformemente en filas, a intervalos no mayores de 60 m en una pista de vuelo por instrumentos (pista del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez), y a intervalos no mayores de 100 m en una pista de vuelo visual. Las luces a uno y otro lado del eje de la pista, deben estar dispuestas en líneas perpendiculares al mismo. En aquellas intersecciones de la pista, las luces pueden espaciarse irregularmente o bien omitirse, siempre que los pilotos sigan disponiendo de una guía adecuada.

**6.2.2 Características.** Las luces de borde de pista son fijas y de color blanco variable, excepto que:

- En el caso que el umbral este desplazado, las luces entre el comienzo de la pista y el umbral desplazado serán de color rojo en la dirección de aproximación.
- En el extremo de la pista, opuesto al sentido del despegue, las luces pueden ser de color amarillo en una distancia de 600 m o en el tercio de la pista si esta longitud es menor.

Las luces de borde de pista deben ser visibles desde todos los ángulos del azimut que se necesiten para orientar al piloto que aterriza o despegue en cualquiera de los dos sentidos. Cuando las luces de borde de pista se utilizan como guía para el vuelo en circuito, también deben ser visibles desde todos los ángulos del azimut.

Para todos los ángulos del azimut anteriormente requeridos, las luces de borde de pista deben ser visibles hasta 15 grados sobre la horizontal, con una intensidad adecuada para las condiciones de visibilidad y luz

ambiente en las cuales se haya de utilizar la pista para despegue o aterrizajes. En todo caso, la intensidad debe ser de 50 cd por lo menos. Ver anexo A.

### **6.3 LUCES DE UMBRAL DE PISTA**

Las luces de umbral de pista se deben instalar en aquellas pistas que posean sistema de luces de borde de pistas, como es el caso del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez. Se exceptúa el uso de luces de umbral de pista cuando la pista es de vuelo visual o cuando la pista es de aproximaciones que no son de precisión.

**6.3.1 Emplazamiento.** Cuando el umbral esta en el extremo de la pista como es el caso del aeropuerto Internacional Rafael Nuñez, las luces de umbral se desplazan en una línea perpendicular al eje de la pista, tan cerca del extremo como sea posible pero en ningún caso a más de tres (3) metros del exterior del mismo.

Las luces de umbral en una pista de vuelo visual o en aquella para aproximaciones que no son de precisión comprenden 6 luces por lo menos; en una pista para aproximaciones de precisión de categoría 1, por lo menos el número de luces que se necesitarían si las luces estuviesen uniformemente espaciadas a intervalos de 3 m, colocadas entre las filas de luces de borde de pista y en una pista para aproximaciones de categoría 2 y 3, luces uniformemente espaciadas entre las filas de luces de borde de pista a intervalos no superiores a 3 m.

**6.3.2 Características.** Las luces de umbral de pista y de barra deben ser luces fijas y unidireccionales, de color verde y visibles en la dirección de la aproximación a la pista, y su intensidad y abertura de haz deben ser las adecuadas para las condiciones de visibilidad y luz ambiente en las que se prevea ha de utilizarse la pista. Ver anexo A.

#### **6.4 LUCES DE EXTREMO DE PISTA**

Las luces de extremo de pista deben instalarse en aquellas pistas que posean luces de borde de pista.

Generalmente y tal como es el caso del aeropuerto Internacional Rafael Nuñez, cuando el umbral se encuentra en el extremo de la pista, los dispositivos luminosos instalados para las luces de umbral pueden servir como luces de extremo de pista.

Según lo anterior el emplazamiento y las características de estas luces son similares a las de las luces de umbral de pista. Ver anexo A.

#### **6.5 LUCES DE EJE DE PISTA**

Las luces de eje de pista necesariamente tienen que instalarse en las pistas para aproximaciones de categoría 2 y 3, no siendo así para pistas de aproximaciones de categoría 1 en cuyo caso serían opcionales (Pista del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez), y depende su uso más que todo al tipo de aeronaves que utilizan dicha pista: para aquellas que tienen una alta velocidad de aterrizaje o en aquellas pistas en que la anchura de separación entre las líneas de luces de borde de pista sea superior a 50 m.

También se deben utilizar luces de borde de pista en aquellas destinadas a ser utilizadas para despegues con mínimo de utilización inferiores a un alcance visual en la pista de 400 m.

**6.5.1 Emplazamiento.** Las luces de eje de pista se emplazarán a lo largo del eje de la pista, pero, cuando ello no sea factible, podrán desplazarse uniformemente al mismo lado del eje de la pista a una distancia máxima

de 60 cm. Las luces se ubicarán desde el umbral hasta el extremo, con un espaciado longitudinal aproximado de:

- ♦ 7.5 m ó 15 m en una pista para aproximaciones de categoría 3,
- ♦ 7.5, 15 ó 30 m en una pista para aproximaciones de categoría 2 u otra pista en las que se hallen instalados las luces.

Se recomienda que la guía del eje para el despegue desde el comienzo de la pista hasta un umbral desplazado, debería proporcionarse por uno de los medios siguientes:

- ♦ Un sistema de iluminación de aproximación, cuando sus características y reglajes de intensidad proporcionen la guía necesaria durante el despegue ó
- ♦ Luces de eje de pista; ó
- ♦ Barreras de 3 m de longitud por lo menos, espaciadas a intervalos uniformes de 30 m, diseñadas de tal modo que sus características fotométricas y reglaje de intensidad proporcionen la guía adecuada durante el despegue.

**6.5.2 Características.** Las luces de eje de pista son luces fijas de color blanco variable desde el umbral hasta el punto situado a 900 m del extremo de la pista; luces alternadas de colores rojo y blanco variable desde 900 hasta 300 m del extremo de la pista y de color rojo desde 300 m hasta el extremo de la pista, excepto:

- Cuando el espaciado de las luces de eje de pista es de 7.5 m se usan alternativamente pares de luces de color rojo y blanco variable entre 900 m entre 900 m y 300 m del extremo de la pista
- Cuando la pista es menor de 1800 m, las luces alternadas de colores rojo y blanco variable se extenderán desde el punto medio de la pista utilizable para el aterrizaje hasta 300 m del extremo de la pista.

Debido a lo anterior se debe proyectar muy bien el circuito eléctrico de alimentación de las luces de eje de pista para que cualquier falla parcial de éste no de una indicación falsa de la distancia restante de pista.

Cabe destacar que durante el despegue el piloto utiliza las luces y señales del eje de pista para obtener guía direccional hasta que la aeronave se encabrita. A partir de este momento el piloto completa el despegue por referencia a los instrumentos de vuelo. Si el despegue se interrumpe antes de alcanzar la velocidad de rotación, el piloto continúa tomando como referencia las luces de eje de pista hasta que la aeronave se detiene o se hace rodar fuera de la pista. Ver anexo A.

## **6.6 LUCES DE TOMA DE ZONA DE CONTACTO**

Se deben instalar luces de toma de zona de contacto en la zona de toma de contacto de pista para aproximaciones de categoría 2 y 3.



**6.6.1 Emplazamiento.** Las luces de toma de zona de contacto se extienden desde el umbral hasta una distancia longitudinal de 900 m, excepto en las pistas de longitud menor de 1800 m, en cuyo caso se acortará el sistema, de manera que no sobrepase el punto medio de la pista. La instalación estará dispuesta en forma de pares de barretas simétricamente colocadas respecto al eje de la pista. Los elementos luminosos de un par de barretas tienen un espaciado lateral igual al del espaciado lateral elegido para la señal de la zona de toma de contacto. El espaciado longitudinal entre los pares de barretas es de 30 m ó de 60 m.

**6.6.2 Características.** Una barreta debe estar formada por tres luces como mínimo, con un espaciado entre las mismas no mayor de 1.5 m.

Se recomienda que las barretas deben tener una longitud no menor de 3 m ni mayor de 4.5 m.

Las luces de la zona de toma de contacto son luces fijas unidireccionales de color blanco variable.

Teniendo en cuenta la definición de las luces de toma de Zona de Contacto, se analiza que la pista del aeropuerto Internacional Rafael Nuñez no necesita, según el anexo 14 de las normas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), del presente sistema de luces, por lo tanto por cuestiones de economía para el contratante de la puesta en marcha de los diseños del presente proyecto, se obviará su diseño.

## 6.7 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE APROXIMACIÓN

**Los sistemas de iluminación de aproximación son los únicos sistemas de luces para pistas que se encuentran ubicados relativamente lejos de esta. Sirven como ayuda visual en la aproximación de las aeronaves a la pista, ya que orientan al piloto en**

**cuanto a la distancia que lo separa del umbral o extremo de la pista, en otras palabras, son los primeros sistemas de luces que en el aterrizaje, sirven como ayuda visual a los pilotos.**

**La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), espera que para el año 2005 todos los aeropuertos internacionales del mundo entero, posean cualquiera de los sistemas de iluminación de aproximación, dependiendo por supuesto, de la categoría de aproximación del aeropuerto.**

6.7.1 Sistema Sencillo de Iluminación de Aproximación. **El sistema sencillo de iluminación de aproximación, consiste en una fila de luces, situadas en la prolongación del eje de la pista, que se extienden, siempre que sea posible, hasta una distancia no menor de 420 m desde el umbral, con una fila de luces que formen una barra transversal de 18 ó 30 m de longitud a una distancia de 300 m del umbral**

Las luces que forman el umbral están, siempre que sea posible, en una línea recta horizontal, perpendicular a la fila de luces de la línea central y bisecada por ella. Las luces de la barra transversal, están espaciadas de tal forma que producen un efecto lineal; excepto que cuando se utiliza una barra transversal de 30 m pueden dejarse espacios vacíos a cada lado de la línea central. Estos espacios vacíos se mantienen reducidos al mínimo necesario para satisfacer las necesidades locales y cada uno de ellos no excederá de 6 m.

**Las luces que forman la línea central se colocan a intervalos longitudinales de 60 m, salvo cuando se estime conveniente mejorar la guía proporcionada, en cuyo caso**

**podrán colocarse a 30 m. La luz situada más próxima a la pista se debe instalar ya sea a 30 ó 60 m, según lo escogido para las luces de la línea central.**

**Se recomienda que en caso de no poderse extender la línea central de luces hasta los 420 m, esta línea se extienda hasta los 300 m, de modo que incluya la barra transversal. Si esto no es posible, las luces de la línea transversal deben extenderse lo más lejos posible, y cada una de las luces pasaría a ser una barreta de 3 m de longitud.**

**6.7.1.1 Características. Las luces del sistema sencillo de iluminación de aproximación serán luces fijas y su color será tal que garanticen que el sistema pueda distinguirse fácilmente de otras luces aeronáuticas de superficie. Cada una de las luces de la línea central, consiste en:**

- a. Una sola luz; ó bien**
- b. Una barreta de por lo menos de 3 m de longitud.**

**Cuando las luces están instaladas en una pista de vuelo visual, las luces deberán ser visibles desde todos los ángulos del azimut necesarios para el piloto durante el tramo básico y la aproximación final. La intensidad de las luces debe ser la adecuada en todas las condiciones de visibilidad y luz ambiente para los que se haya instalado el sistema.**

**La anterior observación es valida para lo que a la pista del aeropuerto Internacional Rafael Nuñez se refiere.**

**Cuando están instaladas en una pista para aproximaciones que no sean de precisión, las luces deberán ser visibles desde todos los ángulos del azimut necesarios para el piloto de una aeronave que en la aproximación final no se desvíe excesivamente de la trayectoria definida por la ayuda no visual. Las luces deberán proyectarse para proporcionar guía, tanto de día como de noche, en las condiciones más desfavorables de visibilidad y luz ambiente para las que se pretenda que el sistema continúe siendo utilizable. Ver anexo A.**

**6.7.2 Sistema de iluminación de aproximación de categoría I. El sistema de iluminación de aproximación de precisión de categoría I consiste en una fila de luces situadas en la prolongación del eje de la pista, extendiéndose donde sea posible, hasta una distancia de 900 m del extremo de la pista, con una fila de luces que forman una barra transversal de 30 m de longitud, a una distancia de 300 m del umbral.**

**Las luces que forman la barra transversal seguirán siempre que sea posible, una línea recta horizontal, perpendicular a la fila de luces de la línea central y bisecada por ella. Las luces de la barra transversal están espaciadas de tal forma que producen un efecto lineal, pero pueden dejarse espacios vacíos a cada lado de la línea central. Estos espacios vacíos se mantienen reducidos al mínimo necesario para satisfacer las necesidades locales y cada uno de ellos no debe exceder de 6 m.**

**Las luces que forman la línea central se ubican a intervalos de 30 m con la luz más cercana a la pista a 30 m del umbral.**

**6.7.2.1 Características. Las luces de la línea central y de la barra transversal de un sistema de iluminación de aproximación de categoría I son luces fijas de color blanco variable.**

**Cada una de las luces de la línea central consiste:**

- a. Una sola luz en los 300 m internos de la línea central, dos luces en los 300 m intermedios de la línea central y tres luces en los 300 m externos de la línea central, para proporcionar información a distancia; ó bien**
  
- b. Una barreta de por lo menos 4 m de longitud.**

**Si las luces son como las que se describen en a., además de la barra transversal a 300 m del umbral se deben instalar barras transversales adicionales de luces situadas a 150 m, 450 m, 600 m y 750 m del umbral. Las luces que forman la barra transversal, deben seguir siempre que sea posible, una línea recta horizontal, perpendicular a la fila de luces de la línea central y bisecada por ella. Cuando estas barras adicionales se incorporen al sistema, los extremos exteriores de las barras transversales deben estar dispuestos en dos rectas paralelas a la fila de luces de la línea central o que converjan para cortar el eje de la pista a 300 del umbral.**

**6.7.3 Sistemas de iluminación de aproximación de precisión de categoría II y III.**

**Este sistema consiste en una fila de luces situadas en la prolongación del eje de la pista, extendiéndose hasta donde sea posible una distancia de 900 m a partir del umbral de la pista. Además el sistema debe poseer dos filas laterales de luces, que se extienden hasta 270 m a partir del umbral y dos barras transversales, una a 150 m y la otra a 300 m del umbral.**

**Las luces de la línea central se deben colocar espaciadas longitudinalmente a una distancia de 30 m con la luz más próxima a la misma distancia.**

**Las luces que forman las filas laterales se colocan a cada lado de la línea central, con un espaciado longitudinal igual al de la línea central y con la primera luz también instalada a 30 m del umbral. El espaciado lateral entre las luces de la fila lateral más cercana no debe ser menor de 18 m ni mayor de 22.5 m y, con preferencia, debe ser de 18 m, pero en todo caso debe ser igual al de las luces de la zona de toma de contacto.**

**La barra transversal instalada a 150 m del umbral llenará los espacios vacíos entre las luces de la línea central y de las filas laterales.**

**La barra transversal instalada a 300 m del umbral se extenderá a ambos lados de las luces de la línea central hasta una distancia de 15 m de la línea central.**

**6.7.3.1 Características. En los primeros 300 m a partir del umbral, la línea central de un sistema de iluminación de aproximación de precisión de categoría II y III consiste en barretas de color blanco variable excepto cuando el umbral este desplazado 300 m**

ó más, en cuyo caso la línea central puede consistir en elementos de una sola luz de color blanco variable. Las barretas deben tener una longitud mínima de 4 m.

Más allá de 300 m del umbral cada luz de la línea central debe consistir en:

- a. Una barreta como las utilizadas en los 300 m internos; ó
- b. Dos luces en los 300 intermedios de la línea central y tres luces en los 300 m externos de la línea central.

Todas ellas de color blanco variable.

La fila consiste en barretas rojas. La longitud de las barretas de la fila lateral y el espaciado entre sus luces serán iguales a los de las barretas luminosas de la zona de toma de contacto.

Las luces que forman las barras transversales son luces fijas de color blanco variable. Las luces deben espaciarse uniformemente a intervalos no mayores de 2.7 m. La intensidad de las luces rojas debe ser compatible con la intensidad de las luces blancas.

## **7. DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE SERVICIO O PLATAFORMA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL RAFAEL NUÑEZ**

## **7.1 DEFINICION Y APLICACIÓN**

**Una plataforma es un área definida en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de carga y descarga de pasajeros o mercancías, reabastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento. Las aeronaves que están normalmente en éstas áreas impulsadas por sus motores o remolcadas, y es necesario que dichas áreas estén suficientemente iluminadas para poder desarrollar de noche con seguridad y eficiencia las actividades citadas.**

**El área de servicio para los cuales los métodos de iluminación son descritos en ésta practica están definidos sólo para la porción de áreas de carga – descarga ó rampa del aeropuerto donde la aeronave debe estar temporalmente parqueada para cargue y descargue, u otras actividades. Esta área de servicio es adyacente al terminal de pasajeros ó carga del aeropuerto ó área saliente de carga ó para el área de hangar de mantenimiento y almacenaje, seguida de los edificios. Esta área no es usualmente utilizada para el mantenimiento y trabajo de reparación.**

**La profundidad del área ó corredor constituido es determinada ampliamente por el diámetro del circulo de parqueo de la aeronave de áreas máximas y por la cantidad de espacio necesario para carretear la aeronave en condiciones seguras dentro de ésta posición.**

**La mínima profundidad del corredor para la cual la iluminación uniforme razonablemente debe ser provistas es de 61 Mts (200 Pies) y el rango de profundidad**



**máxima es de 61 a 91 Mts (200 a 300 Pies) fuera de las puertas de entrada y salida de facilidad del terminal ó a la línea de detención de la aeronave. Desde que todas las tareas de visión de algún grado de complejidad son ejecutadas dentro del corredor, es considerado innecesario y no económico intentar la iluminación uniforme de todas las rampas existentes ó el área de cubierta excepto, que sea necesario por ley para la iluminación de nivel seguridad.**

## **7.2 TRABAJOS REALIZADOS EN EL ÁREA DE SERVICIO.**

**7.2.1 Generalidades. Las funciones primarias, para la instalación de la iluminación del área de servicio son:**

- ❖ Habilitar el piloto para que guíe la aeronave hasta la posición final para la carga ó descarga y servicio.**
  
- ❖ Dar luz apropiada al personal para ejecutar las funciones de carga y descarga de pasajeros, carga de combustible y cumplimiento de otras funciones de servicios fundamentales.**
  
- ❖ Mantener la seguridad del aeropuerto.**

**7.2.2 Rodaje de las aeronaves. Al hacer rodar la aeronave hasta la plataforma, el piloto va en contra principalmente de la iluminación. La iluminación uniforme del**

**pavimento dentro de un lugar destinado a la aeronave y la eliminación del resplandor excesivo son requisitos de gran importancia.**

**En las calles de rodaje adyacentes a los puestos de las aeronaves es conveniente contar con iluminación de menor intensidad, con el fin de conseguir la transición gradual hasta la iluminación más intensa de los puestos de estaciones de aeronaves.**

**7.2.3 Operaciones con combustible. Las áreas para operaciones con combustible debe tener una suficiente luminosidad.**

**Las aeronaves, como regla, son tanqueadas por el lado inferior del ala. El motor de la aeronave como regla es tanqueado desde el lado superior del ala. El combustible contiene colorantes para distinguir los diferentes grados y tipos, la iluminación no debe causar distorsión del color.**

**7.2.4 Cargue y descargue de equipaje. La iluminación debe ser prevista de cada lado de la aeronave para embarque y desembarque de equipaje y alimentos. También la iluminación horizontal y vertical es requerida para esta tarea.**

**7.2.5 Revisión mecánica. Esta incluye la revisión de las partes de la aeronave mientras se encuentra parqueada. La iluminación es necesitada para ayudar a realizar estos chequeos.**

**7.2.6 Embarque y desembarque de pasajeros. El embarque y desembarque de pasajeros es a través de túneles de acceso ó escaleras portátiles. Una iluminación adecuada es requerida para ambos tipos de operaciones para proveer a los pasajeros de un servicio personalizado con suficiente luz para asistirlos durante su recorrido.**

**En los aeropuertos donde las aeronaves tiene doble parqueo, la iluminación normalmente alcanza o llega hasta la segunda aeronave. La altura de montaje de las luminarias es del orden de 15 metros (50 pies) como mínimo.**

**7.2.7 Vehículos para servicios de rampa (plataforma). La iluminación debe ser la suficiente, de tal manera que los operadores puedan observar sin tener que utilizar una iluminación adicional.**

**7.2.8 Mantenimiento y reparación del motor. Ocasionalmente las reparaciones rápidas son realizadas en la aeronave mientras esta parqueada sobre la plataforma.**

**Una buena iluminación es obviamente requerida para este tipo de operaciones.**

**7.2.9 Áreas de parqueo para los vehículos de servicio de plataforma. El diseño de las instalaciones de iluminación, debe abarcar las áreas adyacentes a la plataforma hasta las áreas de acceso al edificio del terminal.**

**7.2.10 Seguridad del aeropuerto. La iluminación debe ser suficiente para detectar la presencia en la plataforma de personas no autorizadas, y para permitir la**

**identificación del personal en los puestos de estacionamiento de aeronaves o cerca de ellos.**

### **7.3 CONSIDERACIONES QUE AFECTAN LA LOCALIZACIÓN DE LAS LUMINARIAS EN EL AREA DE SERVICIO.**

**La OACI limita la altura de montaje de las luminarias en la vecindad del área de servicio establecida para la mayoría de las partes por la FAA.**

**Las restricciones de altura deberían también ser tomadas en consideración cuando de la iluminación del área de servicio se trata. La visión de la torre de control no debería ser dañada por el deslumbramiento de la iluminación del área de servicio.**

**La localización de las luminarias en el área de servicio deberá proveer la más efectiva utilización de luz, localizada en el borde de protección de área de servicio.**

### **7.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN.**

**7.4.1 Elección de la fuente luminosa. Se pueden emplear diversas fuentes luminosas. La distribución espectral de las luces tiene que permitir que todos los colores utilizados para la señalización de aeronaves, relacionados con los servicios de rutina y para las señales de superficie y de obstáculos, puedan identificarse correctamente. La**

práctica ha demostrado que son igualmente adecuadas para éste fin las lámparas de halógeno incandescentes así como las distintas lámparas de descarga luminosa de alta presión. Las lámparas de descarga luminosa, por la naturaleza de su distribución espectral, producen cambios de color. Por lo tanto, es esencial comprobar a la luz del día así como luz artificial los colores usados en las lámparas, con el fin de garantizar en forma inequívoca la identificación de los colores. A veces puede ser útil ajustar la combinación de colores usada para la superficie y para señalar los obstáculos. Por razones económicas, se recomiendan lámparas de sodio de alta presión o las lámparas de haluro de mercurio de alta presión.

#### 7.4.2 Niveles de luminancia.

- ❖ Para la percepción de los colores se requiere un nivel mínimo de 20 lux, el cuál se considera requisito mínimo para las tareas que deben llevarse a cabo en los puestos de las aeronaves. A fin de suministrar una visibilidad óptima, es fundamental iluminar el puesto de la aeronave en forma horizontalmente uniforme a base de una relación 4:1 (media a mínima). En este aspecto, el nivel medio vertical de luminancia a una altura de 2 mts no debería ser inferior a 20 lux en las direcciones pertinentes.
  
- ❖ Para mantener las condiciones de visibilidad general a un nivel aceptable, la luminancia media horizontal de la plataforma, excepto en los puntos donde se esté prestando servicios, debería ser por lo menos el 50% de la luminancia horizontal

media de los puestos de las aeronaves, a base de una relación de uniformidad de 4:1 (media a mínima en esa área). Para mayor ilustración ver anexos B y C

- ❖ Es sabido que algunas tareas visuales requieren iluminación suplementaria, es decir, portátil. Debería evitarse sin embargo, el uso de los faros de los vehículos para fines ajenos a su manejo.
  
- ❖ Por razones de seguridad, puede requerirse iluminación adicional mayor que la indicada anteriormente.
  
- ❖ El área se encuentra entre los puestos de estacionamiento de aeronaves y el límite de la plataforma (área de estacionamiento del equipo de servicio, calles de servicio), debería tener un nivel medio de iluminación horizontal de 10 lux. Si los proyectores montados a nivel más elevado no iluminan adecuadamente esta área, podrían ponerse en servicio faroles antideslumbrantes del tipo de alumbrado público.

**7.4.3 Deslumbramiento.** Deberá evitarse la iluminación directa de los proyectores en el sentido de la torre de control y de la aeronave que aterriza. Los proyectores deberán orientarse en lo posible de modo que la luz no vaya directamente hacia la torre de control o la aeronave que aterriza. Debería reducirse al mínimo la iluminación directa con proyectores por encima del plano horizontal. Ver anexo D.

A fin de reducir al mínimo el deslumbramiento directo o indirecto se debe tener en cuenta por lo menos lo siguiente:

- a) **La altura de montaje de los proyectores debería ser por lo menos dos veces el máximo de la altura a que queda la vista de los pilotos en las aeronaves que utilizan habitualmente el aeropuerto**
  
- b) **El emplazamiento y altura de los postes debería hacerse de tal manera que las molestias ocasionadas al personal de tierra por el deslumbramiento se reduzcan al mínimo.**

**A fin de cumplir con estos requisitos, se deberá orientarse cuidadosamente los proyectores teniendo en cuenta su distribución luminosa.**

## **7.5 MÉTODOS DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN**

**7.5.1 Generalidades. La consideración más importante en el diseño de iluminación, además de la condición de naturaleza del pavimento del área de servicio, es que el deslumbramiento conservado sea mínimo. El deslumbramiento por fuente de luz brillante en la línea de señales es particularmente perturbador para los operadores de las torres de control y pilotos de las aeronaves carreando en la vecindad general, así como para que el personal de servicio, pasajeros y todo el que haga uso de las facilidades de las áreas de servicio. Los factores que contribuyen al deslumbramiento son:**

- **Localización de las luminarias**

- **Dirección de la luz**
- **Tipo de fuente de luz y luminaria.**

7.5.2 **Altura del montaje de la luminaria.** En muchos aeropuertos, el deslumbramiento ha resultado de la práctica de instalar luminarias de alta brillantes a alturas de montaje bajos. En muchos casos (y algunos casos sin investigación propia de la situación) las luminarias que son instaladas a alturas de montaje excesivas han sido consideradas arriesgadas para la navegación aérea.

Esto enfatizaría, sin embargo, que la reducción del deslumbramiento con frecuencia será más importante que las restricciones sobre las alturas de los montajes.

Desde que son localizadas a las facilidades del terminal, las luces del área de servicios son normalmente instaladas lejos de las zonas de aproximación y pistas. El deslumbramiento debe ser reducido por incremento de la altura de los montajes de las luminarias dentro de los límites aprobados. Además, debe evitarse la obstrucción visual del personal de la torre de control.

La altura de montaje de los proyectores debe ser por lo menos dos veces el máximo de la altura a que queda la vista de los pilotos en las aeronaves que utiliza habitualmente el aeropuerto. Ver anexo D.

Las luminarias que emplean fuentes de descarga de alta intensidad son aceptadas para iluminación de áreas de servicios cuando son montadas a alturas convenientes.



**Las alturas de montaje de éstas unidades deben ser altas como sea posible, siendo el mínimo no menos de 15 Mts (50 Pies) para reflector y no menos de 9 Mts (30 Pies) para luminarias de iluminación de calles. Las luminarias de deslumbramiento más bajo, tales como las fluorescentes, deben ser montados a una altura tan baja como 9 Mts (30 Pies) si el blindaje propio ó la luz de lampara descubierta de difusión es utilizada.**

**7.5.3 Dirección de la luz. La luz debe ser proyectada a cada área de servicio de la aeronave (área de detención de la aeronave) desde por lo menos 2 ó preferiblemente mas direcciones. Es recomendado que las torres utilizadas como soporte de los reflectores de alto deslumbramiento, sean localizadas dentro de las localizaciones de servicio de un solo avión con luces dirigidas hacia ambos lados, para reducir al mínimo las sombras. Los mejores resultados se obtienen mediante iluminación uniforme de toda área y no mediante proyectores individuales dirigidos hacia la aeronave.**

**Si las aeronaves son parqueadas para servicio en filas dobles, las alturas de montaje deben ser extendidas y reflectores adicionales a nivel más alto deben ser asignados a posiciones fuera de la fila. Donde sea practico, la altura debe ser alrededor de la misma que la de la luz asignada a la posición de la fila interior. El uso del espaciado uniforme, los reflectores de haz ancho ayudarán a reducir la sombra proyectada por la posición de la aeronave cerca de la fila.**

**7.5.4 Tipo de luminaria. Los reflectores deben ser del tipo encerrado con cobertura horizontal (aproximadamente 100° a 140°). Para eliminar un componente ascendente de luz, se recomienda que los reflectores de brillantez alta estén equipados con visores y/o persianas para reducir el deslumbramiento al momento del aterrizaje de la aeronave y remover los objetos que brillen desde la línea de visión de los operadores de la torre de control. Los reflectores fluorescentes montados bajo a 9 Mts (30 Pies) de altura deben estar equipados con difusor para prevenir la visión directa de las lamparas descubiertas desde la dirección horizontal. El difusor reduce además la brillantez vista por el piloto mientras carretea la aeronave dentro del área de servicio. (Las ventanas de la cabina están aproximadamente a 4.5 - 9 Mts (15 a 30 Pies) del nivel de la plataforma.**

**Como anteriormente, la atención será dada a los reflectores propios para prevenir el deslumbramiento.**

**7.5.5 Aspectos físicos. En la etapa de proyecto de un aeropuerto debe presentarse debida atención a los aspectos físicos de la plataforma, a fin de conseguir la iluminación eficiente de está mediante proyectores. La decisión definitiva del emplazamiento y altura de los proyectores depende especialmente de lo siguiente:**

- a) Forma y tamaño de la plataforma.**
- b) Disposición de los puestos de estacionamiento de aeronaves**
- c) Disposición de las calles de rodaja y la distribución del tráfico.**
- d) Sectores y edificios adyacentes, especialmente la torre de control**

**e) Emplazamiento y condición de la pista y áreas para el aterrizaje de helicópteros.**

**7.5.6 Recomendaciones. La iluminación del área de servicio del aeropuerto debe cumplir 2 recomendaciones básicas:**

- 1. Proveer visibilidad satisfactoria con mínima luz intensa reflejada y directa para el piloto cuando carretean desde y para localización de servicio.**
- 2. Proveer suficiente iluminación para un servicio rápido, eficiente y seguro de la aeronave.**

**Para el primer requerimiento, la iluminancia horizontal promedio relativamente uniforme de 20 luxes (2 Footcandles) debe mantenerse en servicio.**

**Para el segundo requerimiento, el área de servicio debe tener una iluminancia vertical promedio de 50 luxes (5 Footcandles) en el área de servicio de la aeronave. (Mantenida en servicio).**

**La aplicación adaptación y localización del equipo de iluminación, así como la altura del montaje debe ser determinada por el diseñador de la iluminación basados en parámetros del proyecto, tales como son:**

- 1. Iluminancias deseadas.**
- 2. Plan de utilización de la rampa.**

3. **Plan de operación de la rampa.**
4. **Restricciones de señalización de línea ó altura**
5. **Costo de ciclo de vida, etc.**

#### 7.5.7 Consideraciones especiales

7.5.7.1 Consideraciones económicas. **El montaje del circuito para iluminación general debe ser tal que ellos puedan ser operados independientemente de la iluminación directa, con iluminación directa energizada solamente cuando la aeronave este en posición de servicio.**

**El sistema de iluminación debe ser diseñado tal que el gasto de mantenimiento se pueda sostener en un valor razonable. Si el acceso a las luminarias es difícil es más económico cambiar lámparas sobre unas bases de reemplazo de grupo. El costo de las lámparas de reemplazo en mástiles de iluminación puede ser significativo, así, las lámparas larga vida deben usarse. En donde sea posible, las luminarias deben ser colocadas en lugares de fácil acceso sin la utilización de equipo especial.**

**Las luminarias montadas, pero si las luminarias deben ser montadas en las edificaciones, estas deben ser colocadas en lugares accesibles desde el techo. Los postes altos deben equiparse con peldaños para subir y servir ó proveer de dispositivos.**

**Las iluminancias recomendadas deben estar consideradas dentro de los valores mínimos de mantenimiento para un buen diseño de iluminación. Si la importancia ó tamaño del aeropuerto justifica una instalación más costosa, entonces todas las**

**iluminancias de mas de 50 luxes (5 footcandles) deben desearse. Tales iluminancias tendrán seguramente todos los requerimientos de seguridad y eficiencia.**

**Además, estos serán importantes para la dirección del aeropuerto, para la más alta cantidad y calidad de luz para imprimir al publico confianza seguridad y comodidad de quienes usan y trabajan las facilidades del aeropuerto.**

#### 7.5.7.2 Efecto estroboscopico

**En caso de una descarga de luz, el efecto estroboscopico debe ser indeseable. La reducción del efecto estroboscopico puede ser disminuido, conectando las luminarias alternas a cada fase en sistema eléctrico trifásico o por uso suficiente de iluminación incandescentes en conjunto con HID o iluminación fluorescente, tales que las condiciones estroboscopicas puedan ser superpuestas.**

- **Iluminación suplementaria**

**Las iluminancias recomendadas y sus métodos de obtención son pensados para ser suficientes y adecuados para ejecutar las funciones incluidas normalmente en le área de servicio. Sin embargo, sería necesario tener iluminación suplementaria bajo ciertas condiciones, tales como:**

- 1. Donde el aprovisionamiento de combustible sea hecho desde pozos.**

**2. Para inspección, servicio u otras funciones incluidas dentro de la propia aeronave; aquí nuevamente la iluminación auxiliar ó las luces portátiles serán necesarias.**

- Aspectos de mantenimiento

El sistema de iluminación debería estar proyectado de manera que los gastos de mantenimiento no sean excesivos. Si el acceso a las luces es difícil, resulta mucho más económico efectuar los cambios de bombillas en grupo en lugar de hacerlo individualmente. El costo de reemplazar las bombillas de las lámparas montadas a gran altura puede ser considerable, por tanto debe utilizarse bombillas de larga vida útil.

## **8. MEMORIA DE CÁLCULOS**

### **8.1 REDISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PLATAFORMA**

La realización de un proyecto de este tipo de alumbrado lleva implícito un alto número de cálculos repetitivos y como consecuencia, un dilatado tiempo de desarrollo, por lo cual, la forma más lógica de realizarlo es mediante la utilización de una computadora.

Para la realización de los cálculos, se tuvieron en cuenta los siguientes pasos:

**8.1.1 Determinación de la localización y montaje de las luminarias.** En este rediseño, se utilizará el sistema de mástiles existentes a lo largo del todo el perímetro de la

plataforma, por lo tanto, la altura y la ubicación de los mástiles ya están establecidos. La altura de los mástiles es de 18 metros y su ubicación es la siguiente (**ver anexo PLANOS**):

Mástil No 1 (88, -16.7)

Mástil No 2 (194, -16.7)

Mástil No 3 (293, -16.7)

Mástil No 4 (344, 87)

Mástil No 5 (339, 94)

Mástil No 6 (-26, 183)

**8.1.2. Selección de las torres y determinación de la altura del montaje de las luminarias.** Para el montaje de las luminarias se pueden utilizar estructuras metálicas, postes de acero, de aluminio o de hormigón centrifugado.

Todos los mástiles existentes son de acero, a estos se hace necesario un mayor mantenimiento, debido a la presencia de una atmósfera corrosiva por el alto grado de salinidad que presenta la ubicación del aeropuerto.

La determinación de la altura óptima del montaje de iluminación es un paso crucial en el diseño de iluminación de la plataforma.

**En muchos aeropuertos, el deslumbramiento ha resultado de la practica de instalar luminarias de alta brillantes a alturas de montaje bajos. En muchos casos (y algunos casos sin investigación propia de la situación) las luminarias que son instaladas a alturas de montaje excesivas han sido consideradas arriesgadas para la navegación aérea.**

**Esto enfatizaría, sin embargo, que la reducción del deslumbramiento con frecuencia será más importante que las restricciones sobre las alturas de los montajes.**

Las luminarias empleando fuentes de descarga de alta intensidad son aceptadas para iluminación de áreas de servicios cuando son montadas a alturas convenientes. Las alturas de montaje de éstas unidades deben ser altas como sea posible, siendo el mínimo no menos de 15 Mts (50 Pies) para proyectores.<sup>1</sup>

La altura de montaje de los proyectores debería ser por lo menos dos veces el máximo de la altura a que queda la vista de los pilotos en las aeronaves que utilizan habitualmente el aeropuerto.<sup>2</sup>

**8.1.3. Determinación del nivel de iluminación.** Para la realización de los cálculos se ha tomado como requerimiento mínimo, la iluminancia horizontal promedio relativamente uniforme de 20 luxes (2 Footcandles)<sup>3</sup>. A fin de suministrar una visibilidad optima, es fundamental iluminar el puesto de la aeronave en forma horizontalmente uniforme a base de una relación de 4:1 (media a mínima). En este aspecto, el nivel medio vertical de

---

<sup>1</sup> Journal of the Illuminating Engineering Society, Volumen 19 Number 1/90, Pag, 217

<sup>2</sup> Manual de proyecto de aeródromos, Parte 4, Pag, 4 - 132

<sup>3</sup> Journal of the Illuminating Engineering Society, Volumen 19 Number 1/90, Pag, 217



luminancia a una altura de 2 mts. no debería ser inferior a 20 lux en las direcciones pertinentes.

**8.1.4. Determinación del tipo de lámpara a utilizar.** Para el alumbrado con proyectores lo más adecuado es utilizar lámparas de descargas; dentro de la gama existen en el mercado, desde el punto de vista cromático y de rendimiento luminoso.

Las lámparas seleccionadas son de descargas de Sodio de alta presión, ya que estas tienen buena eficiencia luminosa, largo promedio de vida, rendimiento cromático discreto. Por razones económicas estas son las recomendadas.

Estas tienen los siguientes datos

- Una potencia nominal de 1000 vatios, Sodio alta presión.
- Una potencia absorbida (incluidas las pérdidas en el balasto) de 1100 vatios.
- Una emisión de 140000 lúmenes.
- Un peso de 51 lbs. (23.2 Kgs.)

**8.1.5 Determinación del tipo de Proyector.** Una vez definido el tipo de lámpara tenemos que determinar el proyector a utilizar, para ello hay que tener en cuenta el aspecto fotométrico, y las distancias entre luminarias y punto a iluminar. Los reflectores deben ser del tipo encerrado con cobertura horizontal (aproximadamente  $100^\circ$  a  $140^\circ$ ). Para eliminar un componente ascendente de luz, se recomienda que los reflectores de brillantez alta estén equipados con visores y/o persianas para reducir el deslumbramiento al momento del

aterrizaje de la aeronave y mientras el piloto carretea la aeronave dentro del área de servicio o plataforma. (Las ventanas de la cabina están aproximadamente a 4.5 - 9 Mts (15 a 30 Pies) del nivel de la plataforma).<sup>4</sup>

Basándose en lo anterior se escogen así las luminarias entre los tipos Nema 4, 5, 6<sup>5</sup>, donde su cobertura esta entre 46-70°, 70-100° y 100-130° respectivamente.

- Prueba No 1 HP-03384S, Nema 4, lámpara tipo LU1000, con reflector parabólico, herméticas con vidrio templado, con visor, con una cobertura de rayo 53° (horizontal) y 53° (vertical), fabricadas por HUBBELL LIGHTING.
- Prueba No 2 HP-03381S, Nema 5, lámpara tipo LU1000, con reflector parabólico, herméticas con vidrio templado, con visor, con una cobertura de rayo 88° (horizontal) y 83° (vertical), fabricadas por HUBBELL LIGHTING.
- Prueba No 3 HP-02167, Nema 6, lámpara tipo E-25, con reflector parabólico, herméticas con vidrio templado, sin visor, con una cobertura de rayo 114° (horizontal) y 115° (vertical), fabricadas por HUBBELL LIGHTING.
- Prueba No 4 Luminaria Ref. 170S-1000S HPN UV, SH10189.IES, fabricada por Lithonia.

---

<sup>4</sup> Journal of the Illuminating Engineering Society, Volumen 19 Number 1/90, Pag, 218

<sup>5</sup> Hubbell lighting , Integrated Sportsliter Solutions, Catalogo general, Pag. 3

El nivel mínimo establecido es de 20 lux y, por tanto, el valor inicial hay que afectarle por un coeficiente de depreciación, que también denomina factor de mantenimiento.

El caso que nos ocupa podemos encuadrarlo en una depreciación de 0.75.

Una vez definidos todos los conceptos básicos, lo lógico sería seguir desarrollando el proyecto mediante un sistema informático que realizará el cálculo punto por punto en el centro de retículas predefinidas y con la influencia que aporta cada proyector en cada punto obteniendo los valores de iluminancia mínima, media y máxima, así como los valores de uniformidad correspondientes a la zona de estudio.

Si se pretendiera realizar el cálculo de forma manual, el tiempo de desarrollo sería muy largo y la precisión, bastante relativa.

Los resultados obtenidos por el ordenador se muestran en el anexo K. El mejor resultado es la prueba No 4, la cual tiene uniformidad de y una desviación del 73 %, la cual se aprueba para implementar en la iluminación de la plataforma.

**8.1.6. Cálculo del flujo luminoso total y del número de lámpara a instalar.** El número de proyectores que requiere una instalación, mediante la fórmula fundamental de la iluminación, que establece:

$$N = \frac{E_{MS} \times S}{\phi \times C.U \times L.L.F}$$

en la cual:

$E_{ms}$  (Iluminación media en servicio) = 30 lux.

$\varnothing$  (Flujo luminoso unitario lámpara 1000 W. parabólica) = 140000 lm.

N (Número de lámparas) = a determinar.

C.U. (Coeficiente de utilización) = 0.3

L.L.F. (Factor de mantenimiento) = 0.75

S (Superficie a iluminar) = 24531 M<sup>2</sup>

Por lo tanto, para el área de la plataforma donde parquean la aeronaves:

$$N = \frac{30 \times 32200}{140000 \times 0.3 \times 0.75} = 23.36$$

$N \approx 23$  PROYECTORES

Por lo tanto, se puede observar que para cubrir el nivel de iluminación propuesto se requieren como mínimo 23 proyectores para el área de la plataforma donde aparcen las aeronaves, los cuales quedarían distribuidas en seis mástiles en forma no uniforme; es decir, no todos los mástiles soportarían igual número de luminarias.

Como el área iluminar es muy extensa, se subdivide en áreas más pequeñas para poder establecer el número de luminarias que debe tener cada mástil para iluminar su respectiva área.

ÁREA No	S (M <sup>2</sup> )	ILUMINACIÓN MEDIA EN SERVICIO (LUX)	C.U.	L.L.F.	$\theta$ (lm)	No DE LAMPARAS CÁLCULO MANUAL	No DE LAMPARAS CÁLCULO COMPUTADOR
1	8108	30	0.3	0.75	140000	7.72 $\approx$ 8	8
2	5272	30	0.3	0.75	140000	5.02 $\approx$ 5	4.8 $\approx$ 5
3	5071	30	0.3	0.75	140000	4.82 $\approx$ 5	4.6 $\approx$ 5
4	6080	30	0.3	0.75	140000	5.8 $\approx$ 6	6.0

Con los datos obtenidos anteriormente se toman como datos iniciales para comenzar a correr el programa de iluminación (CALA) en la computadora con una distribución de las luminarias por mástiles la siguiente manera:

- Mástil No 1        8 Proyectores
- Mástil No 2        8 Proyectores
- Mástil No 3        6 Proyectores
- Mástil No 4        5 Proyectores
- Mástil No 5        4 Proyectores
- Mástil No 6        6 Proyectores

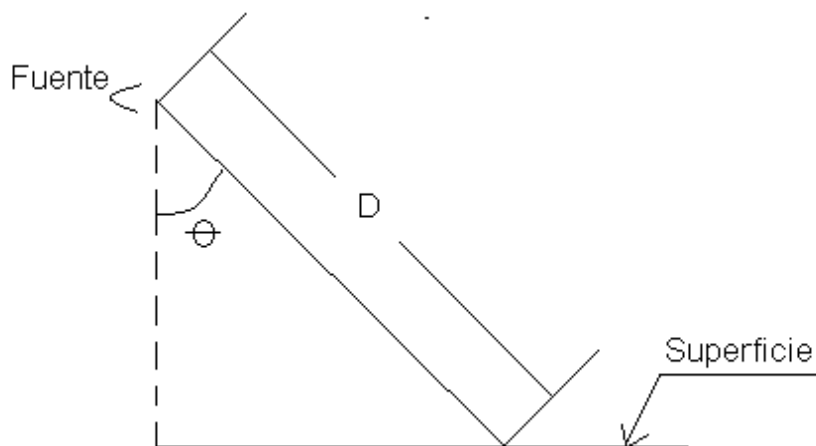
**8.1.7. Cálculo del ángulo de orientación de las luminarias.** De acuerdo con lo expuesto en el numeral anterior para calcular la mínima altura de montaje de las luminarias, el ángulo formado por el rayo que pasa por el centro del reflector y la superficie de la plataforma no debe ser entre de  $25^\circ$  y  $30^\circ$ . En la siguiente figura se puede observar este ángulo dentro del triángulo cuyos vértices están formados por los puntos de intersección entre la base del mástil y la superficie de la plataforma, el rayo de luz y el mástil, el rayo de luz y la plataforma.

Puesto que el ángulo formado por el poste y la superficie de la plataforma es de  $90^\circ$  y el ángulo formado por el rayo de luz y la superficie de la plataforma no debe ser menor entre  $25^\circ$  y  $30^\circ$ ; el ángulo entre la propagación del rayo de luz y el poste que sirve de montaje no debe ser mayor de  $75^\circ$ . Si se tiene en cuenta que la C.I.E. establece que el ángulo máximo

de inclinación para evitar el deslumbramiento directo es de  $75^\circ$ <sup>6</sup>, se puede establecer entonces, que la inclinación de los reflectores no ha de exceder de  $75^\circ$  con respecto a la vertical.

**8.1.8 Comprobación punto por punto.** Este método sirve para controlar la uniformidad de la iluminación.

La ley de la inversa del cuadrado, constituye la base del cálculo en el método “punto por punto”, para proyectos de iluminación, (ver figura abajo).



**Figura 25. Ley inversa del cuadrado**

La parte más difícil en el diseño de alumbrado de áreas, es determinar la localización de los bordes del área iluminada en relación con la línea de orientación de la lámpara o reflector.

Una vez subdividida el área de la plataforma en áreas elementales, se comprueba la iluminación en el centro de dichas áreas por medio de la siguiente relación:

---

<sup>6</sup> INDALUX, Alumbrado Técnico, Catálogo general 94/96

$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2} \times L.L.F.$$

Donde:

E = Densidad de flujo luminoso sobre una superficie.

I = Intensidad luminosa en candelas.

LLF = Factor de pérdida en la iluminación.

$\theta$  = Ángulo de incidencia.

D = Distancia en metros entre la fuente y el punto a iluminar.

En la cual:

$$LLF = ATF \times VF \times BF \times LTF \times LLD \times LDD$$

Donde:

ATF = Factor debido a la temperatura ambiente.

VF = Factor debido a la tensión.

BF = Factor debido al balasto.

LTF = Factor de inclinación de la lámpara.

LLD = Depreciación de los lúmenes de la lámpara

LDD = Depreciación de la lámpara debido a la suciedad.

La iluminación de cada punto de la superficie iluminada es el resultado de la suma de las iluminaciones producidas por cada uno de los diversos proyectores del sistema. Es preciso

considerar al aporte de la luz que recibe cada punto, procedente de otras unidades luminosas.

Básicamente en la iluminación de un punto cualquiera se consideran tres planos: el horizontal, el vertical, y el normal. Pero para casos prácticos la iluminación normal solo se considera en casos extremos en que el punto “p” a iluminar esté situado en la línea vertical con el manantial luminoso, sobre el plano horizontal o el vertical como muestra la figura 26.

Todo lo anterior es tenido en cuenta por el programa del computador.

**8.1.9 El programa del computador.** Tiene como objeto facilitar y agilizar el cálculo del nivel de iluminación  $E$  sobre los diferentes puntos del área de la plataforma. Además, con base en los datos obtenidos del nivel de iluminación mínimo y medio, encuentra el grado de uniformidad  $U_g$  de la iluminación, correspondiente al punto de enfoque que se le dé en un determinado caso a los reflectores.

**8.1.10 Modelo matemático.** En esta sección se explicara el tratamiento matemático que aplica el programa para el cálculo de la iluminación sobre el área de la plataforma.

Como se ha dicho, el método de cálculo escogido es “comprobación punto por punto”, para el cual se subdivide el área de juego en áreas elementales. Una vez cuadrículada el área, se calcula la iluminación y el aporte de todas las luminarias, por la siguiente relación:

$$E_o = \frac{I \times \text{Cos}^3 a_{o_i}}{h^2}$$

lg



Para el caso en estudio, la plataforma se cuadrículó en 65 subdivisiones en X y 37 subdivisiones en Y.

Basándose en la figura 27, se ilustra como realiza el programa el cálculo de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  para luego, en base a ellos obtener de la curva o diagrama Isocandela, el valor correspondiente de intensidad luminosa, en esa dirección. Esto se repite en cada uno de los puntos para cada luminaria, y así obtener el aporte de todas las luminarias.

Sobre el punto  $P_0$  se orienta el reflector, cuyo rayo de luz central forma el ángulo  $\alpha_0$  con respecto al eje Z. De la misma manera se forma un ángulo  $\alpha_1$ , entre el rayo de luz que incide sobre el punto  $P_1$  y el mástil.

Además, se forman unos ángulos  $\beta$  entre la proyección de los rayos anteriores sobre el plano horizontal (Ver figura 27).

Los ángulos se calculan de la siguiente forma:

$$\beta = \arctan \frac{X}{X_0}$$

$$\beta_1 = \arctan \frac{X}{X_1}$$

$$\alpha_0 = \arctan \frac{\sqrt{X_0^2 + Y_0^2}}{h}$$

$$\alpha_1 = \arctan \frac{\sqrt{X_1^2 + Y_1^2}}{h}$$

Donde:

$$\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$$

$$\beta = \beta_1 - \beta_0$$

con los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  se prosigue al diagrama Isocandela y donde se intercepten se obtiene el valor de la intensidad luminosa (I), para luego calcular la iluminación en ese punto mediante la relación (1).

Una vez obtenida la iluminación de todos los puntos se obtiene la iluminación media por la siguiente relación.

$$E_{medio} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

En donde  $E_1, E_2, \dots, E_n$  es la iluminación en cada punto prefijado del área.

$n$  = número de puntos considerados.

Por ultimo, se encuentra el grado de uniformidad por la siguiente relación:

$$U_g = \frac{E_{medio}}{E_{minimo}} \times 100$$

**8.1.11 Cálculo de la carga eléctrica a instalar y distribución de los circuitos.** El sistema de iluminación representa la siguiente carga eléctrica:

**8.1.12 Cálculo de los conductores, protecciones y diámetro de tubería conduit para cables eléctricos.** La sección de los conductores para los diferentes circuitos se ha hecho con base en el Código Eléctrico Nacional. (Norma ICONTEC 2050).

Para el cálculo de la caída de tensión y regulación se utiliza la siguiente expresión:

$$V_s = \sqrt{V^2 + IR \cos \theta + IX \sin \theta + V^2 + IX \cos \theta - IR \sin \theta}$$

Pero:  $IR \approx IX$

Entonces:  $IX \sin \theta \approx IR \sin \theta$ , por lo tanto, la segunda expresión se hace cero

Despejando  $V$ , tenemos:

$$\Delta V = RI \cos \theta + XI \sin \theta$$

Donde:

$\Delta V$ : Caída de Tensión.

I: Intensidad de corriente que circula por el conductor en Amp.

$\cos(\theta)$ : Factor de potencia de la carga.

R: Resistencia en ohmios del conductor.

X: Reactancia en ohmios del conductor.

$$\mathfrak{R} = \frac{\Delta V}{V} \times 100$$

Donde:

$\mathfrak{R}$  : Es la regulación de voltaje.

$\Delta V$  : Caída de Tensión.

$V$  : Tensión nominal.

Para el cálculo de los conductores, se busca mantener una caída de tensión total máxima del 5% (según artículo 210-19 de la norma 2050).

La alimentación de las luminarias se proyecta en instalación subterránea con tubería conduit PVC, enterrada directamente, y con un recubrimiento de 45 cm (según artículo 300-5 de el Código Eléctrico Colombiano), desde un tablero de distribución ubicado en la subestación eléctrica. La localización de estas canalizaciones se muestra en plano de la plataforma.

El sistema de distribución será trifásico, 208 V, 60 Hz, 3 hilos y las lamparas se distribuirán equilibradamente en las tres fases.

**Protección contra sobrecarga.** Con la corriente de diseño se ha seleccionado el conductor, y mediante la capacidad de este, se escogerá la correspondiente a la protección. La siguiente ecuación determinará la máxima corriente que soportará el conductor al cual se está protegiendo<sup>7</sup>.

$$I_p = \frac{I_d + I_c}{2}$$

Donde:

$I_d$  : Corriente de diseño obtenido por cálculos y estimaciones.

$I_c$  : Corriente máxima permisible del conductor seleccionado.

**Conductor de Tierra:** Las partes metálicas de las luminarias serán interconectadas con un conductor de cobre calibre 14 AWG, y se conectarán a un cable de cobre calibre 4 AWG, desnudo para la puesta a tierra (Artículo 250-95 y 250-97 Norma 2050), cuyo recorrido va desde el registro del poste hasta el electrodo de puesta a tierra.

Tensión = 208 Voltios.

TRAYECTORIA	LONG	CARGA	I	CONDUCT./	DUCT.	PROT.	CONDUCT.
-------------	------	-------	---	-----------	-------	-------	----------

---

<sup>7</sup> CANALIZACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES, Oswaldo Penissi, Cuarta edición, pag. 93.

	MTS.	KVA	AMP	FASE	PVC	I Amp.	PUESTA A
				THW	PULG.		TIERRA
S/E – M <sub>1</sub>	214	8.8	23.1	2 # 2	3	3 X 40	6
S/E – M <sub>2</sub>	108	8.8	23.1	2	2	3 X 40	6
S/E – M <sub>3</sub>	108	6.6	17.3	4	2	3 X 40	6
S/E – M <sub>4</sub>	258	5.5	14.4	2	2	3 X 40	6
S/E – M <sub>5</sub>	265	4.4	11.54	1/0	3	3 X 40	6
S/E – M <sub>6</sub>	514	6.6	17.3	3 # 2	3	3 X 40	6

## 8.2 CALCULO DE LA ACOMETIDA DEL SISTEMA DE ILUMINACION DE PISTAS

Como se ha expuesto anteriormente, los circuitos de las luces de los sistemas de iluminación de la pista, funcionan a corriente constante igualmente normalizada (6.6 A ó 20 A), dependiendo del sistema de iluminación. Igualmente, se exige el uso de un conductor que tenga como mínimo 4 mm de diámetro. En los presentes diseños se escoge un conductor No. 6 AWG y con capacidad de aislamiento de 5000 V, el cual tiene un diámetro de 4.67 mm.

Por lo tanto y debido al comentario anterior, este subíndice se limita únicamente al cálculo de las pérdidas por efecto joule, en cada circuito.

### 8.2.1 Luces de borde de pista

- Circuito No.1 = Circuito No.2

Longitud (M) = 3000

Corriente (A) = 6.6 A (Por ser un circuito bastante largo)

Luego las pérdidas son:

$$P (W) = I^2 \times R$$

Donde, R = resistencia en ohmios por metro ( $\Omega / m$ ) del cable No 6 AWG, 5 KV

$$R = 0.003446 (\Omega / m)$$

$$P = (6.6^2) * 0.00346 * 3000$$

$$P = 450.32 W$$

- **Circuito No.3 = Circuito No.4**

Longitud (M) = 3045

Corriente (A) = 6.6 A

Luego las pérdidas son:

$$P = (6.6)^2 \times 0.003446 * 3045$$

$$P = 457.07 W$$

## 8.2.2 Luces de eje de pista

- **Circuito No. 5 = Circuito No.6**

Longitud (M) = 1300

Corriente (A) = 6.6 A

Luego las pérdidas son:

$$P = (6.6)^2 \times 0.003446 \times 1300$$

$$P = 195.14 \text{ W}$$

- **Circuito 7 = Circuito 8**

Longitud (M) = 1800

Corriente (A) = 6.6 A

Luego las pérdidas son:

$$P = (6.6)^2 \times 0.003446 \times 1800$$

$$P = 270.19 \text{ W}$$

- **Circuito No.9 = Circuito No.10**



Longitud (M) = 1400

Corriente (A) = 6.6 A

Luego las pérdidas son:

$$P = (6.6)^2 \times 0.003446 \times 1400$$

$$P = 210.15 \text{ W}$$

### **8.2.3 Luces de extremo y umbral de pista**

- **Circuito No.11 = Circuito No.12**

Longitud (M) = 2100

Corriente (A) = 20 A

Luego las pérdidas son:

$$P = (20)^2 \times 0.003446 \times 2100$$

$$P = 2894.64 \text{ W}$$

### **8.2.4 Luces de Aproximación**

- **Circuito No. 13 = Circuito No. 14**

Longitud (M) = 2400

Corriente (A) = 6.6 A

Luego las pérdidas son:

$$P = (6.6)^2 \times 0.003446 \times 2400$$

$$P = 360.25 \text{ W}$$

### **8.3 CALCULO DEL TRANSFORMADOR**

#### **8.3.1 Carga de los sistemas de iluminación instalados en la pista**

Carga del sistema de iluminación de borde de pista

Número de luminarias a instalar: 78

Potencia de cada una de las luminarias: 200 W (ver anexo E.)

Potencia Total:  $78 \times 200 \text{ W} = 15.6 \text{ KW}$ .

Carga del sistema de iluminación de eje de pista

Número de luminarias a instalar: 72

Potencia de cada una de las luminarias: 90 W (ver anexo F.)

Potencia Total:  $72 \times 90 \text{ W} = 6.48 \text{ KW}$ .

Carga del sistema de iluminación de umbral de pista

Número de luminarias a instalar: 6

Potencia de cada una de las luminarias: 500 W (ver anexo G.)

Potencia Total:  $6 * 500 \text{ W} = 3 \text{ KW}$ .

Carga del sistema de iluminación de extremo de pista

Número de luminarias a instalar: 16

Potencia de cada una de las luminarias: 200 W (ver anexo G.)

Potencia Total:  $16 * 200 \text{ W} = 3.2 \text{ KW}$ .

Carga del sistema de iluminación sencillo de aproximación

Número de luminarias a instalar: 13

Potencia de cada una de las luminarias: 45 W (ver anexo H.)

Potencia Total:  $13 * 45 \text{ W} = 7.605 \text{ KW}$ .

Total de la carga instalada en los sistemas de iluminación de la pista: 35.885 KW

### **8.3.2 Carga del sistema de iluminación de la plataforma**

Carga instalada en el mástil No. 1 = 8.8 KVA

Carga instalada en el mástil No. 2= 8.8 KVA

Carga instalada en el mástil No. 3= 6.6 KVA

Carga instalada en el mástil No. 4= 5.5 KVA

Carga instalada en el mástil No. 5= 4.4 KVA

Carga instalada en el mástil No. 6= 6.6 KVA

Total de la carga instalada en el sistema de iluminación de la plataforma = 40.7 KVA

### 8.3.3 Potencia del transformador

La carga instalada en los sistemas de iluminación de la pista es de 35.885 KW, asumiendo un factor de potencia de 0.9 en atraso, entonces la carga instalada en los sistemas de iluminación de la pista en KVA es igual:

$$\text{KVA (en la pista)} = (35.885 / 0.9) = 39.87.$$

Por lo anterior la carga total instalada en los sistemas de iluminación de la pista y plataforma es de:

$$\text{Sistemas de iluminación de la Pista} = 39.87 \text{ KVA}$$

$$\text{Sistemas de iluminación de la Plataforma} = 40.7 \text{ KVA}$$

---

$$\text{Total} = 80.57 \text{ KVA}$$

**Por lo tanto, el transformador a escoger es el de valor normalizado inmediatamente superior a 80.57 KVA, el cual corresponde a un transformador trifásico de 112.5 KVA, Inmerso en aceite, con un voltaje nominal en el primario de 13200 voltios y en el secundario de 208/127 voltios, a 60 ciclos por segundo. (ver especificaciones de los transformadores).**

## 8.4 CALCULOS DE LAS PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR

Para el cálculo de las protecciones del transformador se tendrán en cuenta lo expuesto en el artículo 450-3(b) del código eléctrico nacional, norma ICONTEC 2050. El transformador poseerá protecciones tanto por el lado primario, como, por el lado secundario.

**8.4.1 Protección Primaria.** La capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorrientes será del 250% de la corriente primaria a plena carga del transformador.

$$I = \frac{112.5 \text{ KVA}}{1.732 \times 13.2 \text{ KV}} = 4.92 \text{ A.}$$

$$I = 2.5 \times 4.92 = 12.3 \text{ A. (CEN 450- 3 (b2))}$$

Se acogerá un fusible tipo HH con una capacidad de 16 Amperios, los cuales serán instalados en el seccionador.

**8.4.2 Protección Secundaria.** La capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente será del 125% de la corriente secundaria a plena carga del transformador.

$$I = \frac{112.5 \text{ KVA}}{1.732 \times 208 \text{ V}} = 312.28 \text{ A.}$$

$$I = 1.25 \times 312.28 = 390.35 \text{ A. (CEN 450 – 3 (b2))}$$

Se escogerá un Interruptor Termomagnético Tripolar de 400 A, tipo industrial.

## **8.5 CÁLCULOS DE LAS ACOMETIDAS DEL TRANSFORMADOR.**

### **8.5.1 Acometida Primaria**

Carga = 112.5 KVA. ; Tensión = 13.2 KV.

Longitud = 15 Mts.

Se tomará al 125%, la corriente nominal primaria a plena carga.

$$I = \frac{1.25 \times 112.5 \text{ KVA}}{1.732 \times 13.2 \text{ KV}} = 6.15 \text{ A (CEN 220-10)}$$

Se escogerá una acometida trifásica, en cable XLPE N° 2 AWG, (por ser el calibre del conductor mínimo aceptado por la Electrificadora de la Costa Atlántica para cables aislados a nivel de 13.2 KV), 15 KV al 133%, en un tubo conduit PVC de Tres (3") de diámetro.

### **8.5.2 Acometida Secundaria.**

Carga = 112.5 KVA. ; Tensión = 208 V.

Longitud = 10 Mts.

Se tomará al 125% de la corriente nominal a plena carga del secundario.

$$I = \frac{1.25 \times 112.5 \text{ KVA.}}{1.732 \times 208 \text{ V}} = 390.33 \text{ A. (CEN 220-10)}$$

Por lo tanto, se escogerá una acometida trifásica de 2 cables THW No. 4/0 por fase y un cable THW NO. 4/0 para el neutro en dos tubos conduit PVC de tres (3") pulgadas de diámetro.

## **8.6. CÁLCULOS DE LOS TRANSFORMADORES DE MEDIDA.**

Teniendo en cuenta la capacidad del Transformador de Potencia (112.5 KVA), la Electrificadora de la Costa Atlántica (ELECTROCOSTA), exige que las medidas se hagan por el lado de Baja Tensión, por lo tanto no se requieren transformadores de potencial, ya que el voltímetro se puede conectar directamente a la red.

### **8.6.1 Transformador de Corriente.**

Relación de Corriente: 400 | 5A.

Capacidad : 25 VA.

Presión : 0.5

Siendo estos los valores mínimos que exige la Compañía Suministradora de Energía.

## **8.7 CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO.**

Como base fundamental para la elaboración del proyecto se tomó como fuente primaria de información lo establecido en el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (Norma ICONTEC 2050). A continuación se presenta

la guía que se utilizó para la realización del proyecto, derivándose a otras secciones del CEN para lograr el cometido:

a. Particularmente con el fin de obtener la carga de diseño para circuitos ramales y alimentadores, la información base se encuentra en el CEN, sección 220, de la cual se detallan a continuación los puntos de interés:

- En la sección 220-10 (b) del CEN se halla información necesaria relacionada con la capacidad de los dispositivos de sobrecorriente y amplicidades de los conductores para cargas continuas y no continuas.
- En la tabla 220-11 del CEN están los factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado.

b. En la sección 225 del CEN se halla información necesaria relacionada con circuitos ramales y alimentadores exteriores.

c. Para la obtención de los circuitos ramales y disposición de ellos, en la sección 210 del CEN, se encuentra la base para su determinación:

En la sección 210-22(b) se halla información necesaria para obtener la carga máxima en circuitos que alimentan unidades que contienen balastos.

d. Para obtener los requisitos generales de una conexión a tierra de los equipos, los tipos y calibres de los conductores, la información base se encuentra en el CEN, sección 250, de la cuál se detallan a continuación los puntos de interés:

- En la tabla 250-95 del CEN están los calibres mínimos de los conductores de puesta a tierra de equipos para la conexión a tierra de los conductos o canalización y equipos.



- En la sección 250-97 del CEN se halla la información necesaria para el calibre mínimo del conductor de interconexión de las lámparas.
  
- e. Con el fin de establecer los requisitos generales para los conductores y sus designaciones típicas, aislantes, marcaciones, resistencias mecánicas, capacidades de corrientes y usos, la información base se encuentra en la sección 310 del CEN, de la cual se detallan a continuación los puntos de interés:
  - En la tabla 310-16 del CEN se indica la capacidad de corriente permisible para los conductores aislados para tensión nominal de 0-2000 voltios.
  - En la tabla 310-27 del CEN se determina la capacidad de corriente permisible para tres conductores monoplares, aislados para tensión nominal de 0-2000 voltios, en ductos eléctricos subterráneos.

En la tabla 310-13 del CEN se indican los tipos de aislante y uso de los conductores.

## **9. MANTENIMIENTO DE LOS CIRCUITOS EN SERIE EN LA ILUMINACIÓN DE AEROPUERTOS**

### **9.1 INTRODUCCION**

Esta norma internacional contiene los requerimientos de seguridad específicos para el mantenimiento de circuitos en serie requeridos para la iluminación de pistas de aeropuertos y a tomado en consideración las normas nacionales existentes, requerimientos y prácticas. Las actividades de mantenimiento son requeridas para asegurar que los circuitos en serie

de corriente constante (AGL) continúen con los requerimientos de operación y limiten el impacto de fracasos durante la misma.

## **9.2 ALCANCE**

Este bosquejo de las normas internacionales se aplica al mantenimiento de circuitos en serie de corriente constante AGL.

Esta norma internacional:

- ♦ Cubre circuitos en serie de corriente constante AGL instalados en aeródromos y helipuertos.
- ♦ Concentra el proveer los requerimientos para los circuitos en serie de corriente constante AGL recomendados.

Reconoce que existen los circuitos en serie de corriente constante AGL de diferentes características y parámetros de diseño.

- ♦ Se aplica a un circuito en serie de corriente constante AGL operando a 6,6 amps RMS nominal.
- ♦ Cubre circuitos en serie de corriente constante AGL suministrado a voltajes de entrada a partir de 1000 voltios A.C. y superiores. Las frecuencias preferidas son 50Hz y 60Hz, sin embargo el uso de otras frecuencias para propósitos especiales no es descartado.

- ♦ Es de principal interés para todas las personas, especificar las reglas y principios fundamentales para el mantenimiento de circuitos en serie de corriente constante AGL.
- ♦ No se propone aplicar un circuito en serie de corriente constante AGL suministrados desde una fuente de voltaje constante.
- ♦ No se propone que sea usado a alumbrado de vías públicas, alumbrado de carreteras u otra instalación que requiera el uso de circuitos en serie de corriente constante.
- ♦ Proveer requerimientos técnicos que complementen las normas y prácticas recomendadas (SARPs), disposiciones regionales y material guía asociado como publicaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

NOTA: Los requerimientos de la OACI son publicados en forma de anexo a la Convención de Chicago sobre aviación civil (1944), la cual aplican las naciones firmantes a los servicios de navegación y tráfico aéreo dentro de su espacio aéreo y aeródromos.

Los anexos que contienen las normas internacionales y prácticas recomendadas (SARPs), de otra forma conocida como los requerimientos de operación, para la seguridad, regularidad y eficiencia de la aeronavegación internacional. El anexo 14 (vol. I y II) de la convención, contiene los requerimientos AGL para la operación de aeródromos y helipuertos. Otras publicaciones de la OACI contienen procedimientos, especificaciones de ejecución y material guía para la interpretación e implantación de las SARPs. El manual de

diseño de aeródromos parte 4 (ayuda visual) contiene material guía sobre aspectos operacionales de AGL. La parte 5 (sistemas eléctricos) contiene información técnica sobre suministros eléctricos e instalaciones de AGL. Una lista de referencias OACI está incluida al final del presente capítulo.

Las normas internacionales para otros aspectos del AGL han estado, o son desarrolladas por el IEC.

### **9.3 REFERENCIAS DE LAS NORMAS**

Los siguientes documentos normativos contienen disposiciones las cuáles, a través de las referencias en éste texto designa disposiciones de esta norma internacional. Todos los documentos de normas son sujetos a revisión, y grupos para acuerdos basados en ésta norma internacional son fomentados para investigar la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de los documentos normativos identificados a continuación. Los miembros del IEC y la ISO mantienen registros de normas internacionales válidas actualmente.

IEC 903:1988, Especificación para guantes y mitones de material aislante para trabajo vivo.

IEC 1820:1997, Circuitos en serie de corriente constante para iluminación aeronáutica en tierra (bosquejo).

ISO 9000:1994, Sistemas de calidad.

## 9.4 ABREVIATURAS

### a. Abreviaturas

Abreviaturas usadas en ésta norma internacional:

Cuadro 6. Abreviaturas utilizadas en proyectos de aeródromos.

ABREVIACION	EXPRESIÓN COMPLETA	DEFINICIÓN Y/O EXPLICACIÓN DEL TERMINO.
A (Amp)	Amperios	Unidad de corriente eléctrica.
A.C.	Corriente Alterna.	Una corriente eléctrica, valor promedio igual a cero, variando constantemente en valor y volviendo a la dirección de flujo en intervalos regulares, usualmente de forma senoidal.
AGL	Alumbrado aeronáutico de tierra.	Equipo que provee al piloto de un avión con localización, orientación e información de alineación a un aeródromo o helipuerto.
CCR	Regulador de corriente constante.	

CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono.	Oxido de los elementos metálicos, carbono.
D.C.	Corriente directa.	Corriente eléctrica que fluye en una dirección.
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional.	Ver Convención de Chicago sobre aviación civil(1994).
RMS	Cuadro promedio de base (raíz).	El valor efectivo de una corriente alterna, correspondiente al mismo valor de la DC que se produce en el mismo efecto calentador.
V	Voltios.	Unidad de voltaje.

## 9.5 CONFORMIDAD A LAS NORMAS INTERNACIONALES

Conforme a las normas internacionales, se demostrará que los contenidos relevantes de los requerimientos han sido satisfechos y de esta manera los objetivos propuestos han sido encontrados.

NOTA: Los ejemplos de contenidos relevantes serán incluidos a continuación:

- ♦ Certificación y licencias autorizadas.
- ♦ Reguladores de seguridad.
- ♦ Contenidos de avisos para directivos internacionales o europeos.

- ♦ Contenidos de las normas nacionales.

Donde un requerimiento no se encuentre o una exención a un requerimiento es otorgada, la justificación será registrada en la documentación apropiada.

Para conformar y soportar los requerimientos en ésta norma internacional, todas las partes involucradas deben tener y usar como mínimo, un sistema de calidad como la serie ISO 9000 o similar.

NOTA: Esta cláusula no manda que el sistema de calidad sea certificado por un cuerpo acreditario (ver ISO 9001).

## **9.6 COMPETENCIA DE PERSONAS**

**9.6.1 Objetivo.** El objetivo de los requerimientos de ésta cláusula es asegurar que las personas que tienen la responsabilidad de una actividad, o están directamente comprometidas en llevar a cabo una tarea que requiera acceso a circuitos en serie de corriente constante AGL, sean competentes para descargar esos deberes o llevar a cabo esas tareas.

**9.6.2 Requerimientos.** Todas las personas involucradas en alguna actividad, incluyendo actividades de dirección y mantenimiento, deben tener el entrenamiento apropiado,

conocimiento técnico, experiencia y cualidades relevantes para las funciones específicas que debe llevar a cabo.

El entrenamiento, experiencia y cualidades de las personas involucradas en alguna actividad deben ser justificadas tomando en cuenta todos los factores de competencia relevantes. La justificación debe ser registrada en la documentación adecuada.

NOTA: Los siguientes factores de competencia deben ser consignados cuando estimen y justifiquen la competencia de las personas que llevarán a cabo las tareas:

- ♦ Ingeniería apropiada al área de aplicación.
- ♦ Ingeniería apropiada a la tecnología (eléctrica, electrónica, ingeniería de software).
- ♦ Ingeniería de seguridad apropiada a la tecnología.
- ♦ Conocimiento del marco regulador legal y de seguridad.
- ♦ Las consecuencias de fracaso para adherir los procedimientos de seguridad cuando se está trabajando sobre circuitos en serie de corriente constante.
- ♦ Las consecuencias en un fracaso de un circuito en serie de corriente constante.
- ♦ La innovación de los diseños, procedimientos de diseño o aplicación.
- ♦ Experiencia previa y relevancia a las tareas específicas para ser llevadas a cabo y la tecnología empleada.
- ♦ Relevancia de cualidades a las tareas específicas llevadas a cabo.

#### **9.6.2.1 Requerimientos para mantenimiento**



- Objetivos

El objetivo de los requerimientos de ésta cláusula es detallar los procedimientos necesarios para garantizar la operación segura y la seguridad al personal encargado de las actividades de mantenimiento en, o cerca de un circuito en serie de corriente constante AGL.

- Objetivo general (Aspectos organizacionales, Roles y responsabilidades)

La organización con responsabilidad del mantenimiento de toda o una parte de un circuito en serie de corriente constante AGL apuntará la persona autorizada en controlar el trabajo y los subordinados requeridos.

Las personas apuntadas serán apropiadamente calificadas para los roles asignados e incluirá entrenamiento en el tipo de equipo encontrado y conocedor de las reglas y prácticas para trabajar en el aeródromo.

Los nombres y evidencias de la competencia de individuos apuntados será mantenidas en la documentación apropiada.

La organización con responsabilidad para el mantenimiento de toda o una parte de los circuitos en serie de corriente constante AGL asegurarán que las otras organizaciones, incluyendo los usuarios y operadores del AGL y otras facilidades de aeródromos aplicables son notificadas del trabajo de mantenimiento, los procedimientos necesarios y la persona autorizada.

**9.6.3 Uso de un ingeniero civil de apoyo y contratista.** La persona autorizada retiene muchas responsabilidades bajo esos requerimientos para todo el trabajo asignado sobre un circuito en serie de corriente constante AGL por apoyo de un ingeniero civil o contratista, incluyendo donde el circuito en serie de corriente constante AGL o parte de él está bajo el control de un contratista y asegura que todos los trabajos asignados son llevados a cabo de la manera más segura y confiable.

Contratistas y otros empleados que no son del aeródromo seguirán las reglas de seguridad, así como los procedimientos previstos por la persona autorizada.

## **9.7 PLAN DE MANTENIMIENTO**

Un plan de mantenimiento será producido e implementado. El plan de mantenimiento incluirá los siguientes aspectos:

La filosofía del mantenimiento que incluye:

- ♦ Objetivos del mantenimiento.
- ♦ Requerimientos operacionales.
- ♦ Recursos para mantenimiento.
- ♦ Programa y procedimientos de mantenimiento, el cual incluye:

- Programas de mantenimiento correctivo, condicional, controlado y preventivo.
- Actividades post-mantenimiento.
- Modificación o ensanche de equipo.
- Procedimientos seguros específicos
- Dirección de archivos y documentación.
- Provisión de repuestos, equipos para pruebas y herramientas.
- Inspecciones.

NOTA: El mantenimiento de equipos AGL debe considerar los objetivos de operaciones del aeródromo y la dirección de impacto de tales actividades de mantenimiento mientras que las operaciones se realizan.

**9.7.1 Procedimientos de mantenimiento.** Deben ser previstos los procedimientos de mantenimiento para todas las actividades de mantenimiento. Los procedimientos de mantenimiento considerarán condiciones ambientales y los aspectos operacionales del aeródromo.

NOTA 1: Las actividades de mantenimiento pueden ser descritas como:

- ♦ Preventivas, donde tareas prescritas son llevadas a cabo basándose en rutinas.
- ♦ Controladas, donde un análisis de los equipos es realizado con el fin de minimizar las cantidades de mantenimiento preventivo requerido.

- ♦ Condicional, donde los requerimientos de mantenimiento han cambiado durante la vida del equipo.
- ♦ Correctivo, en orden de restaurar equipo al estado operacional requerido.

**9.7.2 Procedimientos seguros.** Los procedimientos seguros para el mantenimiento de AGL serán desarrollados e implementados que cubrirá al menos las tareas de los peligros involucrados, incluyendo shock eléctrico, y considerando:

- ♦ Entrenamiento seguro específico para personal (ver cláusula).
- ♦ Los dispositivos de protección de seguridad para prevenir peligros. Las desconexiones deliberadas de tal dispositivo solamente se autorizarán en concordancia con los procedimientos seguros específicos.
- ♦ El uso de tableros de advertencias de seguridad, instrucciones y notas de seguridad.
- ♦ La disponibilidad de las terminales de tierra y otras facilidades de seguridad.
- ♦ Algunos equipos que son expuestos al clima y humedad, desarrollarían peligros de choques eléctricos a través de daños desde relámpagos o insolación, deterioro desde exposición.

- ♦ Todas las herramientas y equipos de prueba deben ser apropiados o aprobados para la tarea.
  
- ♦ El uso de equipo de seguridad.
  
- ♦ La inspección periódica y/o calibración de herramientas, equipos de prueba y seguridad.
  
- ♦ La disponibilidad y uso de extintores de fuego y equipos de primeros auxilios.
  
- ♦ Los procedimientos de mantenimiento deben comenzar solamente antes de que una inspección visual haya sido hecha y los posibles peligros hayan sido notados.
  
- ♦ El trabajo nunca debe ser llevado a cabo en equipos o conductores eléctricos energizados, excepto para la medición de voltaje o los procedimientos especiales, después de lo cual deben ser implementados para garantizar la seguridad.
  
- ♦ Al menos dos individuos deben ser asignados para realizar el trabajo de mantenimiento sobre suministros de potencia AGL y circuito en serie de corriente constante.
  
- ♦ Que la potencia siempre debe ser supuesta para estar prendido y el equipo energizado hasta que la condición verdadera esté determinada.

- ♦ El equipo no debe retornar al servicio de operación sin antes verificar que están funcionando correctamente y que todas las actividades de mantenimiento hayan sido satisfactoriamente completadas.

**9.7.3 Documentación e implementación de un plan de mantenimiento.** El plan de mantenimiento debe ser detallado en un documento apropiado, y todo el trabajo debe ser realizado en concordancia con el plan.

Una copia del plan y de los procedimientos debe ser entregada a todos los empleados del aeródromo y algunos representantes de contratistas, quienes operen, prueben o trabajen en un circuito en serie de corriente constante AGL. Cada recipiente debe señalar un recibo para su copia, en un registro controlado apropiadamente.

Todas las personas que deben trabajar sobre o están involucrados con la operación de un circuito en serie de corriente constante AGL deben leer y entender el plan de mantenimiento y sus procedimientos para ambos, tanto ellos mismos como a los otros. La ignorancia de los procedimientos no se aceptará como excusa por negligencia de una acción responsable.

Cuando las personas reciben instrucciones respecto a un trabajo sobre, prueba de, o la operación de un circuito en serie de corriente constante AGL, él o ella debe plantear cualquier pregunta de seguridad con su persona autorizada.

La persona autorizada debe tener la materia investigada y referirlo a la autoridad más alta si es necesario, con el fin de asegurar que la materia se resolvió satisfactoriamente antes de comenzar el trabajo aplicado.

En todas las áreas de trabajo se debe tener acceso a los siguientes ítems:

- ♦ Una copia de los procedimientos de mantenimiento.
- ♦ Instrucciones y detalles de los procedimientos diseñados para proteger al personal.
- ♦ Equipo de seguridad aplicable.
- ♦ Todos los dibujos apropiados y relevantes de los equipos, su identificación y localización.
- ♦ Todos los manuales de servicio relevantes. Modelo de mantenimiento de circuito en serie de corriente constante AGL.

## **9.8 ASESORES DE SEGURIDAD**

- ♦ **ASEGURANDO EL ÁREA DE TRABAJO:** Las cubiertas de los equipos deben ser reemplazadas y las puertas cerradas cuando sea que el equipo esté desatendido. Si las cerraduras de las puertas de los equipos son suministradas, ellas deben ser cerradas a la izquierda con llaves disponibles para uso autorizado.

Un equipo eléctrico en la vecindad de un trabajo en progreso que no se haya podido desenergizar, debe ser identificado y se deben tomar las precauciones apropiadas para asegurar contra algún peligro adicional.

#### ♦ DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Las faltas encontradas requieren que el enclavamiento sea vencido o la eliminación de cubiertas para dar acceso al equipo cuando está energizado.

En algunas ocasiones las pruebas deben ser limitadas para el uso de equipos de prueba apropiado y seguir procedimientos formalizados.

Estos procedimientos deben incluir una lista de revisión escrita, rutinas acordadas o algunas otras precauciones que se crean necesarias para mantener la seguridad.

Donde los enclavamientos hayan sido vencidos o las cubiertas removidas para propósitos de prueba, los enclavamientos deben ser reinstalados y las cubiertas reemplazadas en la primera oportunidad. Los dispositivos de protección deben ser rearmados, probados y verificados así como activados por la persona autorizada, antes de que el equipo sea regresado al servicio de operación.

## **9.9 NOTAS DE SEGURIDAD**

Las áreas de trabajo deben ser resguardadas por barreras apropiadas e indicadas por carteles apropiados. Las notas de precaución deben colocarse en todos los mecanismos de control



de encendido del equipo en el que se muestre que dicho equipo está energizado porque se está trabajando en él. Las notas de peligro deben estar adheridas o adyacentes al equipo energizado y en el límite del área en el cuál el trabajo se está llevando a cabo. En este caso la etiqueta de seguridad o trabajo debe estar adherida seguramente en un punto de insolación, dando el nombre de la persona que está llevando a cabo el proceso de insolación, el número telefónico para contactar a la persona autorizada, tiempo y fecha de la insolación.

Si algún equipo de prueba o equipo bajo prueba no puede ser localizado dentro del área de resguardo, ésta debe ser resguardada separadamente.

Una nota o cartel dando los detalles de resucitación de emergencia en el caso de un choque eléctrico, y los primeros auxilios deben ser desplegados en las áreas de trabajo AGL y en otros lugares donde las personas estén en riesgo de un choque eléctrico.

NOTA: Todas las áreas de trabajo incluyen subestaciones, cuartos de encendido, cuartos de maquinaria y planta, centros de control AGL, cuartos de generadores diesel y talleres eléctricos.

## **9.10 FACILIDADES A TIERRA**

Las conexiones a tierra, incluyendo dispositivos para proveer la conexión temporal de una tierra, deben ser verificadas para complacencia con la resistencia máxima permitida por la persona autorizada sobre unas bases regulares así como un equipo de autoridad (ver IEC 1820).

**9.10.1 Factores ambientales.** El equipo es cubierto normalmente, pero tiene que ser expuesto como resultado de las actividades de mantenimiento, debe ser protegido del agua y de otros elementos indeseables.

El trabajo en áreas no protegidas no debe continuarse en presencia de lluvia o de condiciones climáticas peligrosas.

## **9.11 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE PRUEBA**

Las herramientas apropiadas y los equipos de prueba deben ser usados todo el tiempo.

Todos los equipos de pruebas deben ser calibrados y trabajar en orden.

## **9.12 EQUIPO DE SEGURIDAD**

Los equipos de seguridad deben ser usados donde sea necesario. Estos deben ser inspeccionados para defectos visibles por el usuario, antes de cada ocasión en que se vaya a usar y por algún punto sospechoso debe ser retirado y reemplazado.

**9.12.1 Equipo de protección personal.** Botas de caucho, guantes y colchón aislantes, y otros equipos de protección personal que deben estar disponibles y listos todo el tiempo.

Los guantes aislantes deben ser probados de acuerdo con IEC 903, y deben ser marcados con la fecha de la prueba. Aquellos guantes probados previamente con más de 12 meses no deben ser usados, y deben ser ya sea mutilados para prevenir su re-uso o retornados a prueba.

NOTA: Donde los guantes son usados para reemplazar lámparas, los peligros de acaloramiento potencial deben ser tenidos en cuenta.

Las botas de caucho y los colchones aislantes deben ser inspeccionados al menos una vez cada año por la persona autorizada. Algún ítem no adecuado para uso debe ser reemplazado.

El equipo de protección personal de caídas por peso: Debe ser inspeccionado para defectos visibles al menos una vez en períodos de tres (3) meses por la persona autorizada.

**9.12.2 Protección al fuego.** Las facilidades para luchar contra el fuego deben ser provistas en todas las áreas de trabajo. El tipo de dispositivo para extinguir el fuego debe ser provisto para su uso apropiado, en la cantidad adecuada y en el lugar adecuado.

Antes que los trabajos o inspecciones sean llevadas a cabo en algún recinto protegido por un sistema automático de supresión de fuego, el control automático no debe operar y el equipo de control manual a la izquierda. Una nota de éste efecto debe ser adherida al equipo. El control automático debe ser restaurado inmediatamente después que las personas ocupadas en el trabajo o inspección se hayan retirado del recinto protegido. El contacto con

algunos químicos usados en el equipo de protección contra el fuego puede ser peligroso y en tal caso las notas sobre este efecto deben ser desplegadas adyacentes a los equipos.

NOTA: CO<sub>2</sub> portable, polvo seco y otros extintores adecuados deben ser usados en la vecindad de equipos energizados, proveyendo en el manejo de estos extintores adecuado mantenimiento y limpieza. Un espacio cerrado debe ser desocupado inmediatamente después de la descarga de un extintor de fuego. Los aparatos de respiración adecuada deben ser usados si se entra antes de que el espacio haya sido ventilado a fondo.

### **9.13 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO**

Autorización para trabajar: Un permiso para trabajo / prueba debe ser expedido antes de iniciar trabajos en un circuito en serie de corriente constante AGL.

NOTA: Un ejemplo de ésta autorización se da en la (Cuadro 7 y 8 )

La expedición de la cancelación de los permisos debe ser realizada por la persona autorizada.

Un permiso de trabajo / prueba debe ser expedido por la persona a cargo del trabajo / prueba, quien después de leer y estar contento y de acuerdo con él, firmará el original y la copia.

La persona a cargo del trabajo / prueba se quedará con la posesión todo el tiempo, mientras que el trabajo es llevado a cabo. El duplicado debe conservarlo la persona autorizada.

La persona autorizada cancelará el permiso de trabajo / prueba antes de que el equipo se energice.

Un permiso para trabajo / prueba debe ser suspendido. La suspensión será iniciada con la firma de la persona a cargo del trabajo / prueba y la persona autorizada. La suspensión será cancelada con la firma de ambos, la persona autorizada y la persona encargada del trabajo / prueba.

**Un registro de todos los permisos de trabajo / prueba expedida deben guardarse en la documentación apropiada. Un registro de realizaciones, suspensiones y cancelaciones de permisos se deben conservar en la misma documentación. Este registro incluye:**

- ♦ Número de serie del permiso de trabajo / prueba, tiempo y fecha de expedición.
- ♦ El nombre de la persona a quien el permiso es expedido (persona encargada del trabajo / prueba).
- ♦ El nombre de la persona beneficiada (persona autorizada).
- ♦ Fecha y hora de suspensión y reinstalación del permiso (si es aplicable).
- ♦ Fecha y hora de cancelación.

Cuadro 7. Permiso para trabajo / Permiso para prueba ( Parte 1)

<b>Permiso para trabajo / Permiso para prueba ( Parte 1)</b>		
<b>1. EXPEDIR</b>	NOTA: ESTE PERMISO NO ES VALIDO SIN UN NUMERO DE SERIE.	Serie No.
<b>Expedido a:</b>  Siendo la persona encargada del trabajo / prueba empleada por:		Nombre de persona autorizada:
<b>2</b>		
<b>(i) Descripción del equipo sobre el cual se va a trabajar</b>		

(ii) Puntos de insolación	
(iii) Punto de aplicación del circuito a tierra	
(iv) Localización de las notas de precaución y peligro	
(v) Otras precauciones para prevenir acceso a, o contacto con equipo energizado	
(vi) Localización de conductores vivos más cercanos	
(vii) Circuito de control que están / no están vivos a voltajes A.C. / D.C.	
<b>ADVERTENCIA: TODAS LAS PARTES DEL SISTEMA AGL SON PELIGROSAS</b>	
(viii) El trabajo es llevado a cabo si las tierras de estado de prueba son removidas y reemplazadas en su terminación	
<p>DECLARACION</p> <p>Estoy aquí para declarar que el equipo descrito es seguro para trabajo / prueba detallada y me quedaré hasta lo señalado en la parte 4 de éste permiso. Usted está instruido para encargarse del trabajo descrito.</p> <p>Hora y fecha señalada:</p> <p>Siendo la persona autorizada:</p>	
<p>NOTA</p> <p>A . La persona a cargo del trabajo / prueba debe:</p> <p>(i) Reconocer haber recibido el permiso señalado en la parte 3 de la copia guardada en el diario de vuelo de mantenimiento de AGL (permisos).</p> <p>(ii) Retener el permiso mientras que el trabajo se está realizando.</p> <p>(iii) Retener el permiso cuando el trabajo / prueba está terminado por lo señalado en la parte 4 de la copia guardada en el diario de vuelo de mantenimiento de AGL (permisos).</p>	

B. La persona autorizada no energizará el equipo hasta que la parte 5 la copia guardada en el diario de vuelo de mantenimiento de AGL (permisos) haya sido completada.

Cuadro 8. Permiso para trabajo / Permiso para prueba (Parte II)



**Permiso para trabajo / Permiso para prueba (Parte II)**

**3 RECIBIR**

He leído y entendido completamente este permiso para trabajo / Permiso para prueba. Y estoy completamente al corriente del trabajo / prueba a realizar.

**Acepto la responsabilidad para llevar a cabo el trabajo / prueba en el equipo descrito.**

**No atentaré contra mí o cualquier persona bajo mi control que realice el trabajo o prueba o alguna otra parte del sistema de AGL.**

**Hora y fecha señalada**

**Siendo la persona encargada del trabajo / prueba**

**4 CERTIFICADO DE ACLARACION DE FINALIZACION**

**Mi parte del trabajo / prueba a finalizado y declaro que todas las personas bajo mi cargo han sido retiradas y advertidas que ya no es seguro trabajar en el equipo especificado en este permiso para trabajo / prueba y que todas las herramientas y equipos de prueba están desmontados.**

**Hora y fecha señalada**

**Siendo la persona encargada del trabajo / prueba**

**5 CANCELACION – Poner en marcha e iniciar e iniciar todos los informes los cuales no son correctos.**

**He inspeccionado el trabajo y considero que está satisfactoriamente terminado.**

**Estoy satisfecho que todos los permisos relacionados al equipo están cancelados.**

**He removido todos los circuitos a tierra.**

**He realizado o presenciado todas las pruebas de insolación.**

**Estoy satisfecho que las fases son correctas.**

**He reparado la etiqueta de los circuitos como fue necesario.**

**Considero que el equipo es seguro para la reconexión al sistema AGL.**

**Hora y fecha señalada**

**Siendo la persona autorizada**

**6 SUSPENSIÓN ( cuando aplica )**

**(a) Confirmo que el trabajo realizado por mí, está suspendido y todas las personas bajo mi cargo han sido retiradas y advertidas que ya no es seguro trabajar en el equipo detallado en el Permiso de trabajo / Permiso de prueba.**

**Reconozco que el circuito a tierra se removerá temporalmente para propósito de prueba.**

**Hora y fecha señalada**

**Siendo la persona autorizada**

**(b) Reconozco recibir éste permiso de trabajo / permiso de prueba con el propósito de llevar a cabo pruebas durante un tiempo, yo removeré el circuito a tierra cuando sea permitido por la persona autorizada.**

**Hora y fecha señalada**

**Siendo la persona autorizada**

**(c) Confirmo que todas las pruebas están completas, que todos los circuitos a tierra han sido reinstalados por las instrucciones de la persona autorizada.**

**Hora y fecha señalada**

**Siendo la persona autorizada**

**(d) Reconozco que todas las pruebas están completas, que el circuito a tierra ha sido reinstalado y acepto retornar este permiso de trabajo/ permiso de prueba en su forma original.**

**Hora y fecha señalada**

**Siendo la persona encargada del trabajo / prueba**

## **9.14 ADMITANCIA A ÁREAS DE TRABAJO AGL**

La persona autorizada debe aprobar la presencia de todas las personas en el área de trabajo de AGL.

Cuando se entra a un área de trabajo de AGL, todas las personas deben firmar en el libro de vuelo. El libro de vuelo debe estar localizado en el área de trabajo y debe contener la siguiente información:

- ♦ Hoja de entrada.
- ♦ Nombre y firma de la persona autorizada (si aplica).
- ♦ Nombre y firma de la persona encargada del trabajo o prueba.
- ♦ Nombre y firma de las otras personas presentes.
- ♦ Razones para la visita.
- ♦ Número serial del Permiso para trabajar / Permiso para prueba (si aplica).
- ♦ Detalles breves del trabajo llevado a cabo.
- ♦ Hora de salida.

## **9.15 INSPECCIONES**

- ♦ Inspección antes del trabajo: Una inspección visual antes del trabajo en el área de trabajo debe ser realizada por la persona autorizada y por los demás antes de comenzar dicho trabajo, con el fin de:

- Localizar e identificar el equipo, incluyendo los dispositivos de seguridad.

- Localizar la documentación aplicable (ver cláusula).
- Localizar herramientas, equipos de prueba y seguridad.
- Identificar algunos peligros potenciales.
  
- ♦ Inspección post-trabajo: Esta inspección debe ser realizada en la terminación de algún trabajo y antes de retornar el equipo al servicio de operación con el fin de:
  - Verificar que el equipo está completamente útil y en estado de operación.
  - Verificar que toda la documentación aplicable ha sido actualizada y abastecida en una locación apropiada.
  - Verificar que todos los equipos de seguridad y pruebas están aún útiles y regresarlos al sitio de almacenaje correcto.
  - Verificar que el área está limpia y arreglada.

## **9.16 VIDA DE TRABAJO**

No se debe trabajar un equipo de AGL, a menos que la autoridad relevante lo haya aprobado o autorizado, los otros procedimientos tienen que haber sido fijados por la autoridad como seguro.

Las fugas de corriente encontradas o probadas en el equipo encendido, deben ser solamente emprendidas cuando no haya razón para que el equipo esté apagado, en tal caso la sanción se expresa por escrito por la persona autorizada y debe ser obtenida antes de comenzar la

prueba o encontrar la fuga de corriente. Si la fuga de corriente o prueba es sancionada, entonces se deben tomar todas las precauciones convenientes para prevenir lesiones.

Aunque la fuga de corriente o prueba debe ser justificada, la subsecuente reparación no debe hacerse con el equipo energizado.

- ♦ Niveles preparados: Al menos dos (2) individuos deben ser asignados para realizar el trabajo de mantenimiento en el circuito en serie de corriente constante y los suministros de potencia AGL. Un individuo debe ser asignado como observador, el cual incluye:
  - Asegurarse que los procedimientos de trabajo seguro se están siguiendo.
  - Conservar al personal que no está involucrado lejos del área de trabajo.
  - Familiarizarse con las desconexiones de potencia y desconectar inmediatamente la fuente de poder en caso de emergencia.
  - Haber recibido entrenamiento en primeros auxilios y estar preparado para prestar emergencia en caso de ser necesario.
  
- ♦ Procedimientos Pre-trabajo: Los siguientes procedimientos deben llevarse a cabo antes de comenzar cualquier trabajo:
  - Un permiso para trabajo/ permiso para prueba debe entregarse.
  - Debe llevarse a cabo una inspección visual pre-trabajo (ver cláusula).
  - Las conexiones a tierra permanentes y temporales deben chequearse (ver cláusula) y aplicadas donde sea necesario.

- Los circuitos o equipos para ser trabajados deben ser insolados eléctricamente bajo el siguiente procedimiento:
  - a. Los equipos AGL relevantes deben ser identificados positivamente. Cuando se esté trabajando en un circuito interfloriado, todos los CCRs relevantes deben ser insolados.
  - b. La potencia de entrada del CCR debe ser removida y asegurada. Un método apropiado para prevenir la re-energización de un circuito o equipo que está bajo mantenimiento debe ser incorporado. Para asegurar la reconexión de potencia, el mecanismo de operación debe ser trabado, o estar en un área segura.
  - c. El circuito primario debe ser desconectado desde las terminales de salida del CCR utilizando un dispositivo adecuado de desconexión.
  - d. Los conductores al final de apertura del circuito primario, deben ser puestos en corto circuito juntos.
  - e. Todos los equipos aplicables deben ser probados desenergizados usando un dispositivo de prueba apropiado. Este dispositivo debe ser probado antes y después de la prueba.
  - f. Todos los circuitos cubículos primarios y los paneles de terminación del cable deben ser cerrados y asegurados.

NOTA 1: Un método efectivo de prevención no autorizado de re-energización de equipos es para diseñar enclavados mecánicos o usar un sistema de llave de seguridad.

NOTA 2: Para propósitos de prueba, una tierra debe ser removida temporalmente.

NOTA 3: Como una precaución extra de corrientes inducidas en un circuito primario los conductores deben ser enterrados. Las terminales de salida desconectadas del CCRT deben ser puestas en corto circuito juntos y enterrados.

#### **9.17 MANTENIMIENTO DE EQUIPO ESPECIFICO**

Donde conviene, las recomendaciones de manufactureros deben ser usadas para el mantenimiento de equipos específicos, incluyendo transformadores de serie AGL y luminarias.

El equipo defectuoso debe reemplazarse con reemplazos correspondientes.

#### **9.18 MANTENIMIENTO DE SUMINISTROS DE POTENCIA DE AGL**

Los requerimientos de normas internacionales aplicables y relevantes para el mantenimiento de suministros de potencia deben aplicarse.

Una parada súbita de una alternativa de suministro de potencia (donde proporcionado) operando bajo carga actual debe ser hecha al menos una vez cada tres meses por 15 minutos



al menos. Donde el encendido automático es proporcionado por suministros de potencia de entrada, una parada súbita del sistema de encendido debe realizarse con el fin de asegurar que el tiempo de encendido requerido por OCAI (anexo 14) puede ser encontrado.

NOTA: Los suministros de potencia alternativos deben ser parados súbitamente para una operación satisfactoria bajo ninguna carga o carga simulada al menos una vez cada dos semanas.

Los detalles de cada parada súbita comprometidos en suministros de potencia AGL deben ser registrados en la documentación adecuada. Los tiempos de encendido y de corriente de generador deben ser anotados y seguidos de cualquier acción correctiva tomada.

#### **9.19 MANTENIMIENTO DE CIRCUITOS EN SERIE DE CORRIENTE CONSTANTE DE AGL**

Las pruebas para hacer funcionar la instalación de un nuevo circuito en serie de corriente constante son incluidas en IEC 1820 y las pruebas de operación para equipos AGL específicos están incluidas en la aplicación de las normas IEC.

Los procedimientos y pruebas descritas en éstas normas seguirán al plan de mantenimiento apropiado.

Las conexiones a tierra que han sido aplicadas para los propósitos de mantenimiento de conductores deben ser removidas temporalmente si es necesario, para realizar pruebas

específicas. Las tierras deben desconectarse solamente mientras que esas pruebas son llevadas a cabo.

### **9.21 MANTENIMIENTO DE REGULADORES DE CORRIENTE CONSTANTE (CCRs)**

Los paneles sobre los CCR deben removerse solamente para ganar acceso a puntos de prueba esenciales. Los paneles deben ser reemplazados inmediatamente después que las pruebas hayan sido completadas en las partes descubiertas.

### **9.22 MANTENIMIENTO DE CABLES**

Los cables deben ser identificados positivamente e insolados antes de corte o desconexión.

En cualquier práctica, los cables usados que no son más largos deben ser identificados positivamente, utilizando un dispositivo de prueba.

Los dispositivos de prueba deben verificarse antes y después de la prueba. Los cables que no pueden ser removidos inmediatamente deben ser marcados en ambos extremos y a lo largo del cable.

## **9.22 TERMINACION DEL TRABAJO**

El permiso para trabajo / permiso para prueba debe ser cancelado y el equipo solamente será reconectado y re-energizado bajo instrucción y satisfacción de la persona autorizada.

En la terminación del trabajo, una inspección post-trabajo se llevará a cabo y el equipo se probará para una correcta operación.

Todas las personas y organizaciones relevante deben ser informadas de la re-energización y puesta en servicio del equipo para regresar al lugar en servicio para operar.

Todas las actividades de mantenimiento deben registrarse en la documentación apropiada.

### Referencia informativa

La siguiente referencia informativa debe ser consultada en conjunto con ésta norma internacional.

- ♦ OACI Anexo 14 Aeródromos Volumen 1: Diseño y operación de aeródromos.
- ♦ OACI Anexo 14 Aeródromos Volumen 2: Helipuertos.
- ♦ OACI Manual de diseño de aeródromos Parte 5: Sistemas eléctricos.
- ♦ OACI Manual de servicios de aeropuertos Parte9: Practicas de mantenimiento de aeropuertos.

Tabla 1. Margen vertical entre las ruedas y el umbral para el PAPI y el APAPI.

Altura de los ojos del piloto respecto a las ruedas en configuración de aproximación <sup>a</sup> (1)	Margen vertical deseado de las ruedas (metros) <sup>b, c</sup> (2)	Margen vertical mínimo de las ruedas (metros) <sup>d</sup> (3)
Hasta 3 m (exclusive)	6	3 <sup>e</sup>
Desde 3 m hasta 5 m (exclusive)	9	4
Desde 5 m hasta 8 m (exclusive)	9	5
Desde 8 m hasta 14 m (exclusive)	9	6

a. Al seleccionar el grupo de alturas entre los ojos del piloto y las ruedas se considerarán únicamente los aviones que utilicen el sistema con regularidad. El tipo más crítico de dichos aviones determinará el grupo de alturas entre los ojos del piloto y las ruedas.

b. Normalmente se proporcionarán los márgenes verticales deseados de las ruedas que figuran en la número 2.

c. La márgenes verticales de las ruedas de la columna 2 pueden reducirse a valores no inferiores a los indicados en la columna 3, siempre que un estudio aeronáutico indique que dicha reducción es aceptable.

d. Cuando se proporcione un margen vertical reducido de las ruedas sobre un umbral desplazado, se asegurará de que se dispone del correspondiente margen vertical deseado de las ruedas de la columna 2 si un avión con los valores máximos del grupo de alturas escogido entre los ojos del piloto y las ruedas sobrevuela el extremo de la pista.

e. Este margen vertical de las ruedas puede reducirse a 1.5 m en pistas utilizadas principalmente por aviones ligeros que no sean turbo reactores.

Fuente: Manual de Aeródromos, Parte 4, Ayudas Visuales.

Tabla 2. Dimensiones y pendientes de la superficie de protección contra obstáculos.

Dimensiones de superficie	Tipo de pista / Número de clave							
	Visual Número de clave				Por instrumentos Número de clave			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m
Divergencia desde el umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%
Longitud total	7500 m	7500 m	15000 m	15000 m	7500 m	7500 m	15000 m	15000 m
Pendiente								
a) T - VASIS Y AT - VASIS	0°	1.9°	1.9°	1.9°	-	1.9°	1.9°	1.9°
b) PAPI	-	A -0.57°	A -0.57°	A -0.57°	A -0.57°	A -0.57°	A -0.57°	A -0.57°
c) APAPI	A -0.9°	A -0.9°	-	-	A -0.9°	A -0.9°	-	-
a. En el caso del t - VASIS o del AT - - AVASIS, esta longitud se incrementará a 150 m								
b. En el caso del T - VASIS o del AT - VASIS, esta longitud se incrementará a 15000 m.								
c. No se ha especificado la pendiente para el caso de un sistema cuya utilización, en las pistas del tipo/ número de clave indicado, sea poco probable.								

Fuente: Manual de Aeródromos, Parte 4, Ayudas Visuales.

## **11. RECOMENDACIONES**

Al llevar a cabo el presente proyecto, sugerimos las siguientes recomendaciones a la Sociedad Aeronáutica de la Costa Atlántica (SACSA), que es la entidad encargada de administrar las instalaciones del Aeropuerto Internacional Rafael Nuñez:

Siendo conscientes del alto costo de la implementación del proyecto, sugerimos hacerlo por etapas, dándole prioridad a los sistemas de iluminación de pistas, principalmente al sistema de iluminación de aproximación sencillo.

Al realizar cualquier ampliación y/o remodelación de la pista, hacerla de tal manera que la iluminación que requiera dicha remodelación, cumpla con las normas aquí expresadas.

En cuanto al sistema de iluminación de plataforma, recomendamos implementar el presente diseño para así mejorar la visibilidad, seguridad y maniobras llevadas a cabo en la plataforma.

## GLOSARIO

**AERÓDROMO:** Campo destinado al despegue y aterrizaje de los aviones.

**ASFALTO:** Nombres de varias sustancias de carbono é hidrogeno que se encuentran en la naturaleza que se emplean para pavimentos y revestimiento de muros.

**AVISO DE PELIGRO:** Un aviso en forma aprobada, vinculada al equipo cuando vive, mostrando el peligro de aproximarse a, o interferir con tal equipo.

**AVISO DE PRECAUCIÓN:** Un aviso en forma aprobada para vincular al equipo, expresando una advertencia en contra de una interferencia contra tal equipo.

**CALLES DE RODAJE:** Son aquellas zonas ó calles de transición entre la pista y la plataforma de aparcar.

**CREPÚSCULO:** Luz que precede a la salida del sol (*aurora*), y la que sigue desde que éste se pone hasta que es de noche.

**DENSIDAD LUMINOSA Ó BRILLANTEZ:** La brillantez es el termino que se refiere a la intensidad de sensación resultantes de ver fuentes y superficies de luz. Esta sensación está determinada en parte por la luminancia definitivamente medible, definida antes y en parte por condiciones de observación como son el estado de adaptación del ojo.

**DESLUMBRAMIENTO:** Es aquella cantidad de brillo en el campo de visión que causa molestia, cansancio, fatiga visual o interferencia en el proceso visual.

**DISPOSITIVO DE DESCONEJÓN:** Un dispositivo de interruptor mecánico usado para cambiar la conexión en un circuito o para aislar un circuito o equipo desde la fuente de poder.

**LUCES DE BORDE DE PISTA:** Son aquellas que se emplazarán a todo lo largo de esta, en dos (2) filas paralelas y equidistantes del eje de la pista. Le indican al piloto el área destinada a servir como pista.

**LUCES DE EJE DE PISTA:** Le indican al piloto el centro ó eje de la pista.

**LUCES DE EXTREMO (UMBRAL) DE PISTA:** Le indican al piloto el comienzo y final de la pista y se encuentran a todo lo ancho de la misma ósea, en forma perpendicular al eje de esta.

**LUCES DE ZONA DE TOMA DE CONTACTO:** Le indican al piloto la zona recomendada para aterrizar la aeronave. Normalmente se encuentran hasta ciento cincuenta (150) metros del umbral de la pista y sobre la misma.

**LUZ OMNIDIRRECCIONAL:** Es aquella que puede ser divisada desde cualquiera dirección.

**LUMINARIA:** Aparato el cuál distribuye, filtra o transforma la luz transmitida desde una o más lámparas, el cual incluye, excepto las lámparas de ellos mismos, todas las partes necesarias para asegurar y proteger las lámparas y, donde es necesario, los circuitos auxiliares junto con los medios para la conexión de ellos al suministro eléctrico.

**MUERTO:** Libre de cualquier conexión eléctrica a una fuente de diferencia potencial y desde carga eléctrica, no teniendo una diferencia de potencial desde ésta a la tierra.

**PERMISO PARA PRUEBA:** Forma firmada y completamente legible usada por el personal autorizado, y declarando a una persona para realizar la(s) prueba(s), el comportamiento seguro para realizar las pruebas en el equipo especificado.

**PERSONA AUTORIZADA:** Persona que ha sido nombrada por escrito para ser responsable por cualquier trabajo emprendido sobre el AGL.

**PERMISO PARA TRABAJAR:** Forma firmada y completamente legible usada por el personal autorizado, y declarando a una persona a cargo del trabajo, el comportamiento seguro para conducir dicho trabajo en el equipo especificado.

**PERSONA ENCARGADA DEL TRABAJO / PRUEBA:** Propietario de un permiso de trabajo / permiso para prueba. Persona responsable para la ejecución segura del trabajo emprendido o prueba especificada.

**SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE APROXIMACIÓN:** Es aquel que se encuentra inmediatamente antes del extremo ó umbral de la pista y le indica al piloto que tan cerca se encuentra de la misma.

**VIVO:** eléctricamente conectado a una fuente de electricidad o ha adquirido una carga por otros medios.

**VUELOS CHARTERS:** Son aquellos vuelos que no se encuentran dentro del itinerario normal de una aerolínea.



## **BIBLIOGRAFIA**

VITTORIO RE, Iluminación Externa. Barcelona 1989: Marcombo Boixareu Editores, pag 1-35.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC), Código Eléctrico Nacional (NEC), norma 2050.

ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI), Manual de proyecto de aerodromos, parte 4 Y 5. Primera edición, 1983.

Catálogos: sistemas de luces para la aviación (ADB. Compañía de la SIEMENS), luces aeroportuarias de la Thorn, iluminación de la pista.

KAUFMAN JOHN E., PE FIES, IES Lighting Handbook, Application Volume 1981, Editor Published by Illuminating Engineering Society. of North América, Capítulos 14 y 15.

KAUFMAN JOHN E., PE FIES, IES Lighting Handbook, Reference Volume 1981, editor Published by Illuminating Engineering Society. of North América, Capítulo dos (2), cuatro (4), cinco (5).

SCHREDER. Información Técnica de Industrias Eléctricas Schreder Ltda. Bruselas y Santa fe de Bogotá, 1988.

FINK DONALD G. & H. WAYNE BEATY, Manual de Ingeniería Eléctrica, Edición XIII. México: Editorial McGraw-Hill, 1996.

CARRANZA CASTELLANO, Emilio. Luminotecnia y sus Aplicaciones. México: Editorial Diana. 1996.

